

Politechnika Krakowska
Wydział Inżynierii Lądowej
Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej
Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu

Praca doktorska:

**Charakterystyki zmienności natężeń ruchu i ich wpływ na
eksploatację wybranych obiektów drogowych**

mgr inż. Malwina Spławińska

Promotor:

dr hab. inż. Janusz Chodur, prof. PK

Kraków 2013



*Serdeczne podziękowania składam promotorowi
Panu dr. hab. inż. Januszowi Chodurowi, prof. PK
za opiekę naukową, cenne wskazówki i zaangażowanie podczas tworzenia pracy.*



SPIS TREŚCI:

1. Wprowadzenie	1
1.1. Uzasadnienie podjęcia tematu	1
1.2. Tezy pracy	3
1.3. Naukowe i praktyczne cele pracy.....	3
1.4. Problematyka i zakres badań.....	4
1.5. Zawartość pracy	4
2. Synteza literatury krajowej i zagranicznej	6
2.1. Czasowy i przestrzenny zakres badań natężeń ruchu.....	6
2.1.1. Generalny Pomiar Ruchu na drogach krajowych.....	6
2.1.2. Pomiar Ruchu na drogach wojewódzkich i powiatowych	7
2.1.3. Ciągły Pomiar Ruchu	7
2.1.4. Pomiar wyrywkowy	8
2.1.5. Zagraniczne sposoby badań ruchu	8
2.2. Metodologia wyznaczania <i>SDR</i>	10
2.2.1. Na podstawie danych z Generalnego Pomiaru Ruchu (<i>DK</i>) i Pomiaru Ruchu (<i>DW</i>)	10
2.2.2. Na podstawie danych z pomiarów ciągłych.....	11
2.2.3. Na podstawie danych z pomiarów krótkotrwałych.....	12
2.3. Ocena wiarygodności danych.....	14
2.3.1. Pomiary ręczne i automatyczne.....	14
2.3.2. Szacowanie <i>SDR</i> według <i>GPR</i>	15
2.3.3. Wyznaczanie <i>SDR</i> według <i>PC</i>	17
2.3.4. Szacowanie <i>SDR</i> z pomiarów krótkotrwałych	17
2.4. Metody uzupełniania brakujących danych	20
2.5. Sposoby określania natężeń stosowanych do wymiarowania dróg oraz oceny oddziaływań ruchu na otoczenie.....	21
2.5.1. Odcinki drogowe i skrzyżowania.....	21
2.5.2. Konstrukcja nawierzchni drogowej.....	23
2.5.3. Poziom hałasu drogowego	24
2.5.4. Analiza wypadkowości	25
2.6. Metodyka badań	26
2.6.1. Szeregi czasowe	26
2.6.2. Sztuczne sieci neuronowe	30
2.6.3. Regresja wieloraka	32
2.7. Wnioski ze studiów literatury i praktyki krajowej.....	33

3. Budowa i weryfikacja baz danych	35
3.1. Dane pochodzące z ciągłych pomiarów ruchu w latach 2000 – 2010	35
3.1.1. Rodzaj oraz lokalizacja stacji pomiarowych	38
3.1.2. Zakres zbieranych danych w stacjach pomiarowych	40
3.1.3. Uzupełnienie brakujących danych – model <i>SARIMA</i>	41
3.2. Dane pochodzące z Generalnego Pomiaru Ruchu na drogach krajowych w roku 2000, 2005 i 2010.....	50
3.3. Dane pochodzące z Pomiaru Ruchu na drogach wojewódzkich w roku 2005 i 2010.....	50
3.4. Uzupełniające pomiary natężeń ruchu na wybranych odcinkach dróg wojewódzkich	51
4. Analiza i charakterystyka zmiennoŹci natężeń w różnych okresach	53
4.1. Średni Dobowy Ruch	53
4.1.1. Wskaźnik wzrostu ruchu	57
4.1.2. Wpływ dni ustawowo wolnych od pracy	59
4.2. Szczegółowa analiza zmiennoŹci natężeń ruchu: dobowej, tygodniowej i sezonowej	61
4.2.1. Z uwzględnieniem rozkładu kierunkowego ruchu	61
4.2.2. Z uwzględnieniem rodzaju pojazdów	64
4.2.3. Z uwzględnieniem przepustowości i stanów zatłoczenia drogi	66
4.3. Określenie wskaźników sezonowej, tygodniowej i dobowej zmiennoŹci profili natężeń.....	67
4.3.1. Zgodnie z definicją <i>GDDKiA</i>	67
4.3.2. W ujęciu modeli szeregów czasowych.....	70
4.4. Określenie kryteriów podziału sieci dróg z wykorzystaniem cech zmiennoŹci natężeń ruchu oraz wyróżnionych cech dróg i ich otoczenia.....	74
4.4.1. Analiza skupień	76
4.4.2. Metody jakościowe (przynależność funkcjonalno/geograficzna)	81
4.5. Wyznaczenie reprezentatywnych, relatywnych profili zmiennoŹci natężeń.....	88
4.5.1. Profil rozkładu dobowego	91
4.5.2. Profil rozkładu tygodniowego	95
4.5.3. Profil rozkładu sezonowego	99
4.6. Określenie modelowych zależności między cechami zmiennoŹci natężenia ruchu w czasie a Średnim Dobowym Ruchem w roku (<i>SDR</i>) przy uwzględnieniu wyróżnionych cech drogi i jej otoczenia	102
4.6.1. Metoda wskaźnikowa	102
4.6.2. Regresja wieloraka	104
4.6.3. Sztuczne sieci neuronowe	107
4.6.4. Porównanie modeli.....	109

5. Wpływ charakterystyk zmienności natężenia ruchu na jakość eksploatacji wybranych obiektów drogowych	111
5.1. Analiza wrażliwości wybranych elementów sieci drogowej oraz jej otoczenia na zmiany cech natężenia ruchu.....	111
5.1.1. Odcinki drogowe.....	111
5.1.2. Skrzyżowania.....	126
5.1.3. Poziom hałasu.....	135
5.1.4. Wnioski.....	141
5.2. Wpływ natężenia ruchu na rozwiązania projektowe wybranych elementów sieci drogowej.....	143
5.2.1. Możliwości zmian rozwiązań projektowych dla poprawy warunków ruchu.....	147
5.3. Wpływ natężenia ruchu na eksploatację wybranych elementów sieci drogowej.....	147
6. Opracowanie modeli do wyznaczania natężenia miarodajnego dla potrzeb eksploatacji wybranych obiektów drogowych	153
6.1. Charakterystyka przedziałów największych natężeń z okresu roku wraz ze wskazaniem miarodajnych statystyk pozycyjnych.....	153
6.2. Opracowanie modeli do wyznaczania natężenia miarodajnego do analiz sprawności.....	167
6.2.1. Metoda wskaźnikowa (<i>MW</i>).....	171
6.2.2. Metoda według projektowego dnia w roku (<i>MPD</i>).....	171
6.2.3. Regresja wieloraka (<i>RW</i>).....	172
6.2.4. Sztuczne sieci neuronowe (<i>SSN</i>).....	175
6.2.5. Porównanie modeli.....	176
6.3. Określenie czasowego zakresu pomiarów wyrywkowych do wyznaczania natężeń miarodajnych.....	177
6.4. Wyznaczanie natężeń miarodajnych dla potrzeb eksploatacji wybranych obiektów drogowych, na bazie krótkotrwałych i ciągłych pomiarów ruchu.....	181
7. Podsumowanie wyników i kierunki dalszych badań	186
Literatura	193
Załącznik 1: Rysunki do rozdziału 3.....	Z1
Załącznik 2: Tablice do rozdziału 4.....	Z3
Załącznik 3: Tablice i rysunki do rozdziału 5.....	Z17
Załącznik 4: Tablice i rysunki do rozdziału 6.....	Z22

SPIS SYMBOLI I OZNACZEŃ:

<i>AASHTO</i>	–	American Association of State Highway and Transportation Officials,
<i>ACF</i>	–	korelogram autokorelacji,
<i>ANOVA</i>	–	analiza wariancji,
<i>b</i>	–	szerokość pasa ruchu [m],
<i>C</i>	–	wskaźnik kompletności <i>C</i> [%],
<i>d</i>	–	strata czasu [s/P],
<i>D_z</i>	–	średnica zewnętrzna ronda [m],
<i>DK</i>	–	drogi krajowe,
<i>DW</i>	–	drogi wojewódzkie,
<i>F</i>	–	indeksowany pomiar ruchu („Factored” traffic count) [P/h],
<i>f_c</i>	–	współczynnik wpływu struktury rodzajowej ruchu [-],
<i>f_s</i>	–	współczynnik wpływu pochylenia podłużnego drogi [-],
<i>f_{zd}</i>	–	współczynnik wpływu populacji kierujących pojazdami [-],
<i>g_w</i>	–	gęstość wjazdów [na 1 km],
<i>GDDKiA</i>	–	Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad,
<i>GPR</i>	–	generalny pomiar ruchu na drogach krajowych,
<i>GR</i>	–	stacje ciągłego pomiaru ruchu <i>Golden River</i> ,
<i>h_{max}</i>	–	średni udział największych godzinowych natężeń w projektowym dniu i miesiącu w roku [-],
<i>HCM</i>	–	Highway Capacity Manual,
<i>i</i>	–	pochylenie odcinka drogi [%],
<i>IAE</i>	–	indeks skuteczności przydzielenia (Index of Assignment Effectiveness) [%],
<i>k</i>	–	opóźnienie szeregu czasowego,
<i>k</i>	–	gęstość ruchu [s.o./km/pas],
<i>k₁₅</i>	–	wskaźnik nierównomierności ruchu w godzinie [-],
<i>L_{Aeq}^p</i>	–	poziom dźwięku w punkcie odniesienia [dB],
<i>L_{DWN}</i>	–	długookresowy średni poziom dźwięku, wyznaczony w ciągu wszystkich dób w roku (dziennie – wieczorowo – nocny) [dB],
<i>L_k</i>	–	zasięg kolejki maksymalnej [m],
<i>MAPE</i>	–	średni bezwzględny błąd procentowy lub średnia bezwzględna różnica pomiędzy porównywanymi wartościami [%],
<i>MLP</i>	–	sieć jednokierunkowa, wielowarstwowa (perceptron wielowarstwowy),
<i>MPE</i>	–	średni błąd procentowy [%],
<i>MPD</i>	–	metoda według dnia w projektowym miesiącu w roku,
<i>MW</i>	–	metoda wskaźnikowa,
<i>p</i>	–	szerokość pobocza [m]; parametr modelu autoregresyjnego; poziom prawdopodobieństwa,

- p_c – udział pojazdów ciężarowych [%],
- p_r – udział pojazdów rekreacyjnych [%],
- $PACF$ – korelogram autokorelacji cząstkowej,
- PC – pomiar ciągły,
- PR – pomiar ruchu na drogach wojewódzkich,
- PSR – poziom swobody ruchu,
- Q_{di} – wartość natężenia dobowego w i – tym dniu [P/d],
- Q_{gi} – wartość natężenia w g – tej godzinie w i – tym dniu [P/h],
- Q^k – natężenie ruchu w analizowanym kierunku [s.o./h],
- Q_k^i – natężenie krytyczne dla i – tego PSR [P/h], [P/h/pas], [P/d],
- Q_m – natężenie miarodajne w roku pomiaru [P/h],
- Q_{mp} – natężenie miarodajne w roku prognozy [P/h],
- Q_s – parametr sezonowego modelu średniej ruchomej,
- Q_o – natężenie obliczeniowe [s.o./h],
- Q_{50} – natężenie miarodajne odpowiadającego 50 pozycji szeregu malejącego największych natężeń w roku [P/h]
- Q_{50sz} – szacowane Q_{50} [P/h],
- q – parametr modelu średniej ruchomej,
- r, u – różnica pomiędzy dwiema wartościami [%],
- r_s – współczynnik korelacji rang Spearmana [-],
- R^2 – współczynnik determinacji [-],
- R_s^2 – skorygowany współczynnik determinacji [-],
- RW – regresja wieloraka,
- $SARIMA$ – Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average,
- SDR – średni dobowy ruch w roku [P/d],
- SDR_d – średni dobowy ruch w roku dla danego dnia (np. poniedziałku) [P/d],
- SDR_m – średnie dobowe natężenie danego miesiąca [P/d],
- SDR_p – średni dobowy ruch w roku prognozy [P/d],
- SDR_{GPR} – wartość SDR wyznaczona na podstawie GPR [P/d],
- SDR_{GPRPC} – wartość SDR wyznaczona według wytycznych GPR na danych pochodzących z PC [P/d],
- SDR_{PCW} – wartość SDR wyznaczona z PC wprost z definicji [P/d],
- SDR_{PCA} – wartość SDR wyznaczona z PC w sposób pośredni (metoda $AASHTO$) [P/d],
- SDR^k – wartość SDR odnosząca się do kierunku ruchu,
- SSN – sztuczne sieci neuronowe,
- TE – stacje ciągłego pomiaru ruchu należące do firmy *Traxelektronik*,
- u_k – procent czasu jazdy w kolumnie [%],
- u_c – udział pojazdów ciężkich [%],

- u_{30h}, u_{50h} – udział w *SDR* natężenia odpowiadającego 30 i 50 pozycji szeregu malejącego największych natężeń w roku [%],
- W_{gi} – udział natężenia ruchu z g – tej godziny w i – tym natężeniu dobowym,
- W_i – udział średniego natężenia dobowego danego dnia tygodnia w średnim dobowym ruchu w roku,
- W_j – udział średniego natężenia dobowego danego miesiąca w średnim dobowym ruchu w roku,
- WA – metoda wskaźnikowa A,
- WB – metoda wskaźnikowa B,
- wr – wskaźnik wzrostu ruchu,
- \hat{y} – wartość przeciętna badanej cechy,
- ZDW – Zarząd Dróg Wojewódzkich,
- ε – współczynnik zmienności wartości w próbie,
- v_{po} – średnia prędkość podróży [km/h],
- v_{sw} – prędkość w ruchu swobodnym [km/h],
- α – poziom istotności,
- ρ – współczynnik korelacji,
- σ – odchylenie standardowe badanej cechy,
- σ^2 – wariancja zmiennej losowej,

SŁOWNIK PODSTAWOWYCH POJĘĆ [na podstawie 16, 28, 59, 81]:

Średni dobowy ruch (SDR) – liczba pojazdów przejeżdżających przez dany przekrój drogi w ciągu 24 kolejnych godzin, średnio w ciągu jednego roku.

Natężenie miarodajne do potrzeb eksploatacji dróg i skrzyżowań (Q_m) – reprezentatywne natężenie ruchu w ustalonej godzinie w roku (30, 50, 100 lub 150).

Natężenie ruchu w 30, 50, 100 lub 150 godzinie w roku – kolejna wielkość (trzydziesta, pięćdziesiąta, setna lub sto pięćdziesiąta) odczytana ze zbioru wszystkich godzinowych natężeń ruchu dla danego roku, uszeregowanych od natężenia największego do najmniejszego.

Odcinki dróg o gospodarczym charakterze ruchu – odcinki dróg, na których występują niewielkie sezonowe wahania ruchu, natomiast średni dobowy ruch w dni robocze jest większy od średniego dobowego ruchu w soboty i niedziele.

Odcinki dróg o turystycznym charakterze ruchu – odcinki dróg, na których ruch w miesiącach wakacyjnych (lipcu i sierpniu) jest o ponad 40% większy od średniego dobowego ruchu w roku. Tygodniowe wahania ruchu są na tych odcinkach podobne, jak na odcinkach dróg o gospodarczym charakterze ruchu.

Odcinki dróg o rekreacyjnym charakterze ruchu – odcinki dróg, na których występują niewielkie sezonowe wahania ruchu, jak na drogach o gospodarczym charakterze ruchu, natomiast tygodniowe wahania ruchu w miesiącach wakacyjnych wykazują większy (o ponad 25%) średni dobowy ruch w niedzielę i dni świąteczne od średniego dobowego ruchu w dni robocze.

Przepustowość – największa liczba pojazdów, którą w określonych warunkach drogowych i ruchowych może przepuścić przekrój drogi lub wlot na skrzyżowaniu w jednostce czasu.

Natężenie krytyczne (Q_k^i) – największe natężenie ruchu do wartości którego może się utrzymywać określony poziom swobody, a po jego przekroczeniu warunki ruchu pogarszają się.

Poziom swobody ruchu (PSR) – jakościowa miara warunków ruchu, uwzględniająca oceny kierujących pojazdami i innych użytkowników dróg.

Natężenie obliczeniowe (Q_o) – dla odcinków drogowych jest to natężenie godzinowe, wyrażone w samochodach osobowych, uwzględniające jego zmienność w 15 minutowych

interwałach, strukturę rodzajową i wielkość pochyłeń podłużnych lub rodzaju terenu jak również rozkład ruchu na pasy.

Prędkość w ruchu swobodnym (v_{sw}) – średnia prędkość pojazdów mających swobodę poruszania się po drodze (swobodę w doborze prędkości i możliwości wyprzedzania innych pojazdów).

Średnia prędkość podróży (v_{po}) – jest to efektywna prędkość pojazdu na danym odcinku drogi, obliczana jako iloraz długości odcinka i całkowitego czasu zużytego na przejazd tego odcinka z wliczeniem czasu zatrzymań. Prędkość podróży stosowana jest jako miara warunków ruchu, na odcinkach dróg dwupasowych dwukierunkowych, wyrażająca wpływ natężenia ruchu i ograniczenia możliwości wyprzedzania na poruszanie się potoku ruchu.

Procent czasu jazdy w kolumnie (u_k) – średni procent łącznego czasu jazdy, w którym pojazdy poruszając się w kolumnie ponoszą straty czasu wskutek braku możliwości wyprzedzania. Dotyczy to tej części czasu jazdy, w której pojazd nie może jechać z prędkością, z jaką poruszałby się w warunkach ruchu swobodnego.

Gęstość ruchu (k) – jest to liczba pojazdów, które w danej chwili znajdują się na jednostkowym odcinku drogi (najczęściej 1 km). Gęstość stosowana jest jako miara warunków ruchu, wyrażająca stosunek obliczeniowego natężenia ruchu do średniej prędkości samochodów osobowych.

Strata czasu (d) – dodatkowy czas potrzebny na przejechanie skrzyżowania - w stosunku do czasu przejazdu przez skrzyżowanie bez zakłóceń – związany z opóźnieniem przy dojeździe do kolejki oraz oczekiwaniem pojazdu w kolejce.

Zasięg kolejki maksymalnej (L_k) – wyrażona w metrach odległość od linii zatrzymania końca kolejki maksymalnej, jaka występuje w okresie analizy.

SPIS RYSUNKÓW:

Rys.1.1.	Problematyka i zakres badań.....	4
Rys. 2.1.	Profil zmienności dobowej (źródło [25])	18
Rys. 2.2.	Profil zmienności tygodniowej (źródło [25])	18
Rys. 2.3.	Profil zmienności sezonowej (źródło [25])	18
Rys. 2.4.	Poziom hałasu w punkcie odniesienia w zależności od natężenia ruchu (Q), udziału pojazdów ciężkich (u_c) oraz prędkości potoku ruchu (v) (źródło [72]).....	25
Rys. 2.5.	Zależność pomiędzy natężeniem ruchu (SDR) a liczbą wypadków (źródło [22]).....	26
Rys. 3.1.	Mapa lokalizacji stacji pomiaru ciągłego (źródło [122])	39
Rys. 3.2.	Mapa lokalizacji urzędzeń do rejestracji ruchu, prędkości, warunków meteorologicznych oraz ważenia pojazdów firmy <i>Traxelektronik</i> (źródło [134]).....	40
Rys. 3.3.	Natężenia godzinowe ogółu pojazdów w przekroju drogi DK16 z okresu 3 lat (st. nr 20).43	
Rys. 3.4.	Zmienność roczna ogółu oraz pojazdów ciężkich w przekroju drogi DK16 (st. nr 20).....	43
Rys. 3.5.	Zmienność tygodniowa ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich i lekkich w przekroju drogi.....	44
Rys. 3.6.	Wykres autokorelacji i autokorelacji cząstkowej (liczba opóźnień $k=200, D-1, D-24$) dla danych za rok 2009.....	44
Rys. 3.7.	Wykres analizy reszt dla modelu $SARIMA(1,1,1)(0,1,1)_{168}$	48
Rys. 3.8.	Wykres dopasowania prognozy do rzeczywistego szeregu dla 10 tygodnia.....	48
Rys. 3.9.	Mapa lokalizacji stacji pomiaru automatycznego oraz ręcznego	52
Rys. 4.1.	Wzrost ruchu na drogach krajowych w latach 2000 – 2010.....	59
Rys. 4.2.	Profil dobowej zmienności ruchu dla dróg krajowych o największej wartości SDR w roku 2010.....	67
Rys.4.3.	Porównanie wahań sezonowych W_j w kolejnych latach dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – stanowisko numer 30	69
Rys. 4.4.	Porównanie wahań tygodniowych W_i w kolejnych latach dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – stanowisko numer 30	70
Rys. 4.5.	Porównanie wahań dobowych W_{gi} dla ogółu pojazdów na przykładzie st. nr 10: a) - wszystkie dni tygodnia w roku 2010, b) - średnia z okresu od wtorku do czwartku w latach 2000-2010	70
Rys. 4.6.	Porównanie wartości wskaźników wahań sezonowych W_j wyznaczonych według Census 1 oraz w kolejnych latach według wzoru 2.2.6 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – stanowisko nr 10	71
Rys. 4.7.	Porównanie wartości wskaźników wahań tygodniowych W_i wyznaczonych według Census 1 oraz w kolejnych latach według wzoru 2.2.6 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – st. nr 10	72
Rys. 4.8.	Porównanie wartości wskaźników wahań dobowych W_{gi} wyznaczonych według Census 1, Census 1o oraz według wzoru 4.3.1. dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – stanowisko nr 1.....	74
Rys. 4.9.	Profile dobowej zmienności ruchu dla dróg krajowych (GPR 2005) w przekroju drogi, odpowiednio dla: a) - ogółu pojazdów, b) - pojazdów ciężkich.....	76

Rys. 4.10. Diagram drzewa hierarchicznego, pojedyncze wiązanie, odległość miejska, ogółu pojazdów dla: a) – zmienności sezonowej (przekrój drogi), b) – zmienności tygodniowej dla przeciętnych wartości (kierunek 1 i 2), c) – zmienności dobowej (kierunek 1 i 2).....	78
Rys. 4.11. Wykres średnich każdego ze skupień ogółu pojazdów dla: a) – zmienności sezonowej, b) – zmienności tygodniowej dla przeciętnych wartości, c) – zmienności dobowej, d) – zmienność dobową dane z <i>GPR 2010</i>	78
Rys. 4.12. Profile dobowej zmienności ruchu dla dróg krajowych (<i>GPR 2010, 2005, 2000</i>) odpowiednio dla: a) - ogółu pojazdów, b) - pojazdów ciężkich.....	81
Rys. 4.13. Profile dobowej zmienności ruchu dla dróg wojewódzkich (<i>PR 2010, 2005</i>) odpowiednio dla: a) - ogółu pojazdów, b) - pojazdów ciężkich	81
Rys. 4.14. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności sezonowej na obszarze Polski – ogół pojazdów	83
Rys. 4.15. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności sezonowej na obszarze Polski – pojazdy ciężkie.....	83
Rys. 4.16. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności tygodniowej na obszarze Polski – ogół pojazdów	85
Rys. 4.17. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności tygodniowej na obszarze Polski – pojazdy ciężkie.....	86
Rys. 4.18. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności dobowej na obszarze Polski – ogół pojazdów (wtorek – czwartek)	87
Rys. 4.19. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności dobowej na obszarze Polski – pojazdy ciężkie (wtorek – czwartek)	88
Rys. 4.20. Proponowany schemat podziału sieci dróg na poszczególne grupy zmienności natężeń ruchu dla: a) drogi krajowe, b) drogi wojewódzkie	89
Rys. 4.21. Profile dobowej zmienności ruchu odpowiednio dla: a) ogółu pojazdów – DK, b) ogółu pojazdów - DW, c) pojazdów ciężkich – DK, d) pojazdów ciężkich – DW	92
Rys. 4.22. Profil dobowej zmienności ruchu w okresie tygodnia odpowiednio dla: a) ogółu pojazdów, b) pojazdów ciężkich.....	95
Rys. 4.23. Profile tygodniowej zmienności ruchu (DK) odpowiednio dla: ogółu pojazdów – a) cały rok poza autostradami, b) autostrady cały rok oraz pozostałe drogi w miesiącach VII – VIII; pojazdy ciężkie c) wszystkie drogi poza autostradami i st. nr 41, d) autostrady oraz st. nr 41	97
Rys. 4.24. Profil tygodniowej zmienności ruchu odpowiednio dla: a) ogółu pojazdów, b) pojazdów ciężkich – wybrane drogi krajowe + drogi wojewódzkie.....	99
Rys. 4.25. Profil sezonowej zmienności ruchu odpowiednio dla: a) ogółu pojazdów, b) pojazdów ciężkich.....	100
Rys. 4.26. Profil sezonowej zmienności ruchu – wybrane drogi krajowe + drogi wojewódzkie.....	101
Rys. 4.27. Analiza reszt dla modelu regresji – wszystkie punkty pomiarowe, miesiące IX – X, dni tygodnia wtorek – czwartek	107
Rys. 5.1. Wielkość natężenia obliczeniowego w zależności od udziału pojazdów ciężarowych dla: a) terenu płaskiego i falistego, b) odcinków o dużym pochyleniu – drogi dwupasowe dwukierunkowe (wg <i>HCM 2000</i> oraz przykład wg <i>HCM 2010</i> – linia przerywana).....	113
Rys. 5.2. Wielkość natężenia obliczeniowego w zależności od rodzaju terenu dla: a) pojazdów ciężarowych, b) pojazdów rekreacyjnych – drogi wielopasowe (<i>HCM 2000</i> i <i>2010</i>).....	113

- Rys. 5.3. Natężenie krytyczne dla poszczególnych PSR w zależności od rodzaju terenu oraz udziału pojazdów ciężarowych a) drogi dwupasowe dwukierunkowe, b) drogi wielopasowe i udziału pojazdów rekreacyjnych c) – drogi wielopasowe (*HCM 2000* i *2010* – w przypadku różnych wielkości do *HCM 2010* odnosi się linia przerywana) 114
- Rys. 5.4. Wpływ wielkości natężenia ruchu i udziału odcinków bez możliwości wyprzedzania na v_{po} ($v_{sw} = 90$ km/h) –drogi dwupasowe dwukierunkowe (*HCM 2000* i *2010*) opracowanie własne na podstawie [100] 116
- Rys. 5.5. Wpływ wielkości natężenia ruchu, szerokości pasów ruchu i szerokości poboczy na v_{po} ($v_{sw} = 90$ km/h) - drogi dwupasowe dwukierunkowe (*HCM 2000* i *2010*) opracowanie własne na podstawie [100] 116
- Rys. 5.6. Wpływ struktury rodzajowej i znajomości drogi (wskaźnik f_{zd}) na natężenie obliczeniowe – drogi wielopasowe (*HCM 2000* i *2010*) 116
- Rys. 5.7. Wpływ charakterystyk natężeń ruchu, w różnych warunkach drogowych, na PSR na drodze w terenie płaskim – drogi dwupasowe dwukierunkowe (profil zmienności dobowej $DO_{w-c}A$) 122
- Rys. 5.8. *SDR* w zależności od przyjętego profilu zmienności sezonowej, tygodniowej i dobowej: a) drogi dwupasowe dwukierunkowe, b) drogi wielopasowe i autostrady..... 124
- Rys. 5.9. Wpływ zmienności natężeń ruchu w czasie na warunki ruchu na drodze dwupasowej dwukierunkowej ($Q_d = 20000$ P/d): a) średnia prędkość podróży, b) procent jazdy w kolumnie 125
- Rys. 5.10. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na przepustowość relacji wlotu podporządkowanego - wlot C..... 129
- Rys. 5.11. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na przepustowość wlotu odpowiednio: a) wlot A, b) wlot C..... 130
- Rys. 5.12. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na straty czasu (ograniczono zakres do 200 s) odpowiednio na: a) wlocie A, b) wlocie C, c) całe skrzyżowanie..... 130
- Rys. 5.13. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na przepustowość relacji wlotu podporządkowanego - wlot C..... 130
- Rys. 5.14. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na przepustowość wlotu odpowiednio: a) wlot A, b) wlot C..... 131
- Rys. 5.15. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na straty czasu odpowiednio na (ograniczono zakres do 200 s): a) wlot A, b) wlot C..... 131
- Rys. 5.16. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na straty czasu na wlocie podporządkowanym 133
- Rys. 5.17. *SDR* dla całego skrzyżowania w zależności od przyjętego profilu zmienności sezonowej, tygodniowej i dobowej 134
- Rys. 5.18. Wpływ zmienności natężeń ruchu w czasie na straty czasu - wlot krytyczny skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu i ronda..... 135
- Rys. 5.19. Przeciętne udziały godzinowe w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów D , W , N dla ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich: a) drogi krajowe, b) drogi wojewódzkie.136
- Rys. 5.20. L_{Aeq}^N dla profili zmienności dobowej $DO_{w-c}1 - DO_{w-c}4$ przy poziomie $SDR = 20000$ P/d ($u_c = 30\%$, średnia prędkość = 95 km/h, zasięg hałasu po 500m z każdej strony, wysokość punktu odbioru = 6m) 139
- Rys. 5.21. L_{Aeq}^N przy różnych wielkościach SDR (profil zmienności dobowej $DO_{w-c}2$ i $WDO_{\delta}2$), $u_c=20\%$ dla $SDR=3000$ P/d oraz $u_c = 30\%$ dla $SDR > 3000$ P/d (zasięg hałasu po 500m z każdej strony, wysokość punktu odbioru=6m)..... 139

- Rys. 5.22. Poziom hałasu w punkcie odniesienia w zależności od natężenia ruchu oraz profilu zmienności dobowej ($u_c=10\%$) – przykładowe równanie linii trendu dla profilu $DO_{w-c}I$.140
- Rys. 5.23. Wpływ zmiany liczby pasów ruchu z 2 na 3 (w jednym kierunku), na warunki ruchu na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – drogi wielopasowe i autostrady..... 143
- Rys. 5.24. SDR_d przy dopuszczeniu przekroczenia natężenia krytycznego o 1 godzinę w całym tygodniu (drogi dwupasowe dwukierunkowe - DDD , wielopasowe - DW i autostrady – A – teren płaski)..... 151
- Rys. 6.1. Wartości kolejnych największych godzinowych natężeń w roku – ogół pojazdów, przekrój drogi: a) wartości bezwzględne, b) wartości względem SDR 154
- Rys. 6.2. Podział szeregów malejących udziałów natężeń ze względu na a) parametr α_I , b) σ procentowych różnic co piątej godziny – ogół pojazdów, przekrój drogi 154
- Rys. 6.3. Różnica bezwzględna w ilości pojazdów odpowiadających natężeniu 50, 30 i 1 godziny w roku (a) oraz różnica względna w odniesieniu do wartości SDR (b) – ogół pojazdów .156
- Rys. 6.4. Wykresy składowych poszczególnych skupień ogółu pojazdów wraz z dopasowaną funkcją potęgową: a) przekrój drogi, b) kierunek dominujący 159
- Rys. 6.5. Wartość średniej prędkości podróży dla 60 pierwszych natężeń w ciągu roku uszeregowanych ze względu na przekrój oraz kierunek dominujący dla stanowiska: a) nr 5, b) nr 2, c) nr 37 – rok 2010..... 161
- Rys. 6.6. Wartość v_{po} na odcinku drogi dla największych natężeń w ciągu roku uszeregowanych ze względu na natężenie w przekroju drogi: a) st. nr 2, b) st. nr 22, c) st. nr 40 – rok 2010.162
- Rys. 6.7. Straty czasu na wlocie podporządkowanym C dla największych natężeń w ciągu roku uszeregowanych ze względu na kierunek dominujący (ograniczono zakres do 100 s/P): a) st. nr 40, b) st. nr 2, c) st. nr 29, d) st. nr 5 – rok 2010..... 165
- Rys. 6.8. Wykres zależności pomiędzy natężeniem 50h w roku a SDR : a) wszystkie drogi dwupasowe dwukierunkowe, b) drogi dwupasowe dwukierunkowe bez st. nr 6 i 22, c) stacja 6 i 22, d) wszystkie drogi wielopasowe 168
- Rys. 6.9. Wykres zależności pomiędzy udziałem natężenia 50h w SDR a SDR (drogi dwupasowe bez stacji nr 6 i 22, stacja 6 i 22, wszystkie drogi wielopasowe)..... 168
- Rys. 6.10. Procentowy udział 150 największych godzinowych natężeń w roku w: a) dniu tygodnia, b) godzinie w dobie, c) miesiącu w roku, d) względem 100 godziny w roku – ogół pojazdów, przekrój drogi (drogi wielopasowe – kierunek dominujący) 170
- Rys. 6.11. Analiza reszt dla modelu regresji: a), b) – przekrój drogi, c), d) – kierunek ruchu 174
- Rys. 6.12. Wykres rozrzutu punktów empirycznych i linii regresji zależności natężeń dobowych od natężeń pomierzonych w godzinach 9:00 – 15:00 w interwale: a) 1 godzinnym, b) 2 godzinnym, c) 3 godzinnym – stanowisko numer 9, środa 180
- Rys. 6.13. Histogram funkcji reszt zależności natężeń dobowych od natężeń pomierzonych w godzinach: a) 12:00 - 13:00, b) 12:00 – 14:00, c) 12:00 – 15:00 - stanowisko numer 9, środa 181
- Rys. 6.14. Schemat przypisania odcinka drogi do odpowiedniego profilu zmienności sezonowej – ogół pojazdów 183
- Rys. 6.15. Schemat przypisania odcinka drogi do odpowiedniego profilu zmienności tygodniowej – ogół pojazdów 184
- Rys. Z3.1. Zmienność tygodniowa ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich i lekkich na kierunku 1 Z2
- Rys. Z3.2. Zmienność tygodniowa ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich i lekkich na kierunku 2 Z2

Rys. Z5.1. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na przepustowość relacji wlotu podporządkowanego - wlot D	Z20
Rys. Z5.2. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na przepustowość wlotu odpowiednio: a) wlot B, b) wlot D.....	Z20
Rys. Z5.3. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na straty czasu (ograniczono zakres do 200 s) odpowiednio na: a) wlocie B, b) wlocie D	Z21
Rys. Z5.4. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na przepustowość relacji wlotu podporządkowanego - wlot D	Z21
Rys. Z5.5. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na przepustowość wlotu odpowiednio: a) wlot B, b) wlot D.....	Z21
Rys. Z5.6. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na straty czasu odpowiednio na (ograniczono zakres do 200 s): a) wlot B, b) wlot D.....	Z21

SPIS TABLIC:

Tab. 2.1.	Podstawowa charakterystyka urządzeń pomiaru ciągłego	7
Tab. 2.2.	Wartości <i>SDR</i> w 2010 roku wyznaczone różnymi sposobami	16
Tab. 2.3.	Średnia różnica procentowa pomiędzy wartościami wyznaczonymi według wytycznych <i>GPR</i> a wartością rzeczywistą uzyskaną z <i>PC</i>	16
Tab. 3.1.	Charakterystyka stanowisk pomiarowych <i>Golden River</i>	36
Tab. 3.2.	Liczba brakujących dni w poszczególnych miesiącach w stacjach <i>GR</i> , w latach 2002-2004	36
Tab. 3.3.	Charakterystyka dostępnych danych ruchowych ze stacji firmy <i>TE</i> w latach 2005-2010 ..	37
Tab. 3.4.	Liczba brakujących dni w poszczególnych miesiącach w stacjach firmy <i>TE</i> , w latach 2005-2010	38
Tab. 3.5.	Procentowy udział stacji <i>Golden River</i> oraz firmy <i>Traxelektronik</i> z wymaganą liczbą dni pomiarowych w latach 2000 – 2010.....	38
Tab. 3.6.	Lokalizacja stanowisk pomiarowych <i>Golden River</i> (źródło [122]).....	38
Tab. 3.7.	Lokalizacja stanowisk pomiarowych firmy <i>Traxelektronik</i>	39
Tab. 3.8.	Roczne statystyki dla lat 2005-2010	41
Tab. 3.9.	Roczne statystyki Średniego Dobowego Ruchu w roku dla lat 2007 -2009 – st. nr. 20	43
Tab. 3.10.	Wyniki dla modelu $SARIMA(1,1,1)(0,1,1)_{168}$ dla roku 2009	47
Tab. 3.11.	Wynik analizy statystycznej dla modelu $SARIMA(1,1,1)(0,1,1)_{168}$	47
Tab. 3.12.	Udział uzupełnionych danych w stacjach pomiarowych firmy <i>TE</i> w latach 2010 – 2008 ..	49
Tab. 4.1.	Średnia dokładność szacowania $SDR_{metoda2}$ względem $SDR_{metoda1}$ - rok 2010	54
Tab. 4.2.	Średnia dokładność szacowania $SDR_{metoda2}$ względem $SDR_{metoda1}$ w przekroju drogi – stacje <i>Golden River</i> i <i>Traxelektronik</i>	54
Tab. 4.3.	Współczynnik zmienności ε [%] w poszczególnych dniach tygodnia - rok 2010.....	55
Tab. 4.4.	Ranking ε oraz SDR_d dla poszczególnych dni tygodnia - rok 2010.....	56
Tab. 4.5.	Wskaźniki wzrostu ruchu [%] - stacje <i>Golden River</i>	58
Tab. 4.6.	Przeciętne wskaźniki wzrostu ruchu [%] - stacje <i>Golden River</i>	58
Tab. 4.7.	Wykaz dni ustawowo wolnych od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanych w 2010 roku	59
Tab. 4.8.	Różnica [%] pomiędzy SDR wyznaczonym dla wszystkich dni w roku a: – bez dni ustawowo wolnych, – bez dni ustawowo wolnych wraz z dniami bezpośrednio z nimi związanymi.....	60
Tab. 4.9.	Maksymalna różnica [%] pomiędzy wartościami wyznaczonymi dla: – wszystkich dni w roku, – bez dni ustawowo wolnych, – bez dni ustawowo wolnych wraz z dniami bezpośrednio z nimi związanymi	60
Tab. 4.10.	$MAPE$ udziałów natężeń dobowych poszczególnych dni tygodnia w SDR na kierunku 1 oraz 2 w odniesieniu do przekroju drogi - stacje <i>Golden River</i> rok 2010	62
Tab. 4.11.	Średni $MAPE$ udziałów natężeń dobowych poszczególnych dni tygodnia w SDR - stacje <i>Golden River</i>	62

Tab. 4.12.	Wynik testu par dla średnich natężeń dobowych danego dnia tygodnia i danego miesiąca na obu kierunkach ruchu (*- średnie natężenia dobowe w kierunku 1 i 2 istotnie różnią się).	63
Tab. 4.13.	Średnia <i>MAPE</i> udziałów natężeń dobowych poszczególnych dni tygodnia w <i>SDR</i> dla pojazdów lekkich i ciężkich w odniesieniu do ogółu pojazdów - stacje <i>Golden River</i>	64
Tab. 4.14.	Średni udział pojazdów ciężkich- stacje <i>Golden River</i>	65
Tab. 4.15.	Liczba statystycznie istotnych różnic dni tygodnia w kolejnych miesiącach (pusta komórka oznacza brak statystycznej istotności różnicy).....	69
Tab. 4.16.	Porównanie wartości wskaźników wahań sezonowych W_j i tygodniowych W_i wyznaczonych wg <i>Census 1</i> oraz w kolejnych latach według wzoru 2.2.6 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi.....	72
Tab. 4.17.	Porównanie wartości wskaźników wahań tygodniowych W_i wyznaczonych według <i>Census 1</i> oraz wzoru 2.2.6 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi w 2010 roku.....	73
Tab. 4.18.	Porównanie wartości wskaźników wahań dobowych W_{gi} wyznaczonych według <i>Census 1</i> , <i>Census 1o</i> oraz wzoru 4.3.1. dla ogółu pojazdów w przekroju drogi w 2010 roku.....	74
Tab. 4.19.	Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – ogół pojazdów.....	79
Tab. 4.20.	Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – pojazdy ciężkie.....	79
Tab. 4.21.	Opis proponowanych, poszczególnych profili zmienności natężeń ruchu (drogi krajowe)	90
Tab. 4.22.	Charakterystyczne cechy dróg i ich otoczenia odpowiednio do każdego z profili zmienności dobowej (charakterystyka podana wyłącznie w odniesieniu do stacji <i>Golden River</i>).....	93
Tab. 4.23.	Statystyki opisowe poszczególnych profili – zmienność dobową dla: a) DK, b) DW.....	93
Tab. 4.24.	Profil zmienności dobowej (poniedziałek i piątek dla ogółu pojazdów, sobota i niedziela dla ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich) - drogi krajowe [%].....	95
Tab. 4.25.	Statystyki opisowe poszczególnych profili – zmienność tygodniowa.....	97
Tab. 4.26.	Charakterystyczne cechy dróg i ich otoczenia odpowiednio do każdego z profili zmienności tygodniowej.....	98
Tab. 4.27.	Statystyki opisowe poszczególnych profili – zmienność sezonowa.....	100
Tab. 4.28.	Charakterystyczne cechy dróg i ich otoczenia odpowiednio do każdego z profili.....	101
Tab. 4.29.	Porównanie dokładności szacowania <i>SDR</i> metodą wskaźnikową (wskaźniki metoda <i>WA</i> i <i>WB</i>).....	104
Tab. 4.30.	Wyniki analizy statystycznej dla modelu regresji – wszystkie punkty pomiarowe, miesiące IX – X, dni tygodnia wtorek – czwartek.....	106
Tab. 4.31.	Porównanie dokładności szacowania <i>SDR</i> przy wykorzystaniu modelu regresji wielorakiej dla wszystkich punktów oraz wybranych w miesiącach I – XII oraz V – X – przekrój drogi.....	107
Tab. 4.32.	Statystyki opisowe dla modeli sztucznych sieci neuronowych.....	108
Tab. 4.33.	Porównanie dokładności szacowania <i>SDR</i> przy wykorzystaniu modelu sieci neuronowych.....	109
Tab. 4.34.	Porównanie dokładności szacowania SDR_{sz} różnymi metodami oraz przy różnym zakresie informacji.....	110
Tab. 5.1.	Wpływ natężenia i udziału pojazdów ciężarowych na warunki ruchu (<i>PSR</i>) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi dwupasowe dwukierunkowe.....	118

Tab. 5.2.	Wpływ natężenia i rozkładu kierunkowego na warunki ruchu (<i>PSR</i>) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym <i>DDD</i>	118
Tab. 5.3.	Wpływ natężenia i % udziału odcinków bez możliwości wyprzedzania na warunki ruchu (<i>PSR</i>) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi dwupasowe dwukierunkowe	119
Tab. 5.4.	Wpływ natężenia i liczby wjazdów na warunki ruchu (<i>PSR</i>) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi dwupasowe dwukierunkowe.....	119
Tab. 5.5.	Wpływ natężenia i szerokości pasa ruchu na warunki ruchu (<i>PSR</i>) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi dwupasowe dwukierunkowe	119
Tab. 5.6.	Wpływ natężenia i szerokości poboczy na warunki ruchu (<i>PSR</i>) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – drogi dwupasowe dwukierunkowe	120
Tab. 5.7.	Ranking ważności wpływów (oznaczenia poszczególnych wpływów jak na rys. 5.7 oraz dodatkowo <i>pk</i> – populacja kierowców, <i>pd</i> – pas dzielący)	122
Tab. 5.8.	Poziom Q_d przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana <i>PSR</i>	123
Tab. 5.9.	Wartość <i>SDR</i> odpowiadająca Q_d w zależności od profilu zmienności sezonowej i tygodniowej (<i>DDD</i> – drogi dwupasowe dwukierunkowe, <i>DW</i> – drogi wielopasowe, <i>A</i> – autostrady)	124
Tab. 5.10.	Struktura kierunkowa i rodzajowa ruchu na analizowanym skrzyżowaniu wykorzystana do badania wpływu zmienności natężeń ruchu w czasie oraz zmienności struktury: kierunkowej (tylko struktura rodzajowa) oraz rodzajowej (tylko struktura kierunkowa) na przepustowość i warunki ruchu	128
Tab. 5.11.	Podział procentowy natężeń dla modelowego skrzyżowania wykorzystany do badania wpływu struktury kierunkowej na przepustowość i warunki ruchu: a) grupa I skrzyżowań, b) grupa II skrzyżowań.....	128
Tab. 5.12.	Udziały w natężeniu na wlotach modelowego skrzyżowania wyróżnionych rodzajów pojazdów (<i>c</i> – samochody ciężarowe i autobusy, <i>cp</i> – samochody ciężarowe z przyczepami lub naczepami i autobusy przegubowe, <i>mr</i> – motocykle i rowery) wykorzystane do badania wpływu struktury rodzajowej na przepustowość i warunki ruchu.....	129
Tab. 5.13.	Maksymalna względna różnica przepustowości i strat czasu wyznaczona przy całkowitym natężeniu ruchu na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu: w grupie I równym 1200 P/h, w grupie II równym 1600 P/h oraz na rondzie w grupie I dla procentowego udziału natężeń ruchu na wlocie A, B 50/50 równym 2400 P/h a dla udziału 70/30 równym 1800 P/h.....	131
Tab. 5.14.	Poziom Q_d przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana <i>PSR</i> (całość skrzyżowania oraz kierunek dominujący)	134
Tab. 5.15.	Wartość <i>SDR</i> odpowiadająca Q_d w zależności od profilu zmienności sezonowej i tygodniowej (<i>ABCD</i> - całość skrzyżowania, <i>AB</i> – kierunek dominujący).....	134
Tab. 5.16.	Zestawienie średnich, procentowych udziałów w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów <i>D</i> , <i>W</i> , <i>N</i> dla a) dróg krajowych (wtorek – czwartek), b) dróg wojewódzkich (środa) c) dróg krajowych (poniedziałek i piątek)	136
Tab. 5.17.	Maksymalna różnica pomiędzy L^p_{Aeq} [dB] wyznaczonym dla wartości średnich w roku oraz największych i najmniejszych przy uwzględnieniu zmienności sezonowej i tygodniowej.	138
Tab. 5.18.	Zestawienie wartości poziomu dźwięku [dB] w punkcie odniesienia, tj. w odległości 10 m od krawędzi jezdni i na wysokości $H = 1,2$ m.....	140

Tab. 5.19. Poziom Q_d , przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana warunków ruchu (przy zmianie pochylenia podłużnego) – drogi dwupasowe dwukierunkowe ($DOW-c4$) . 144	
Tab. 5.20. Poziom SDR przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana warunków ruchu. 144	144
Tab. 5.21. Poziom Q_d przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana PSR 145	145
Tab. 5.22. Dopuszczalne poziomy hałasu powodowanego przez ruch drogowy, wyrażone wskaźnikami: a) L^D_{Aeq} i L^N_{Aeq} , b) L_{DWN} i L_N (źródło [77]) 146	146
Tab. 5.23. Poziom SDR [P/d] przy którym występują graniczne wartości poziomu hałasu dla: a) L^D_{Aeq} , b) L^N_{Aeq} , c) L_{DWN} 146	146
Tab. 5.24. Miary warunków ruchu, dla dnia o największym i odpowiadającym mu dniu o najmniejszym, udziale natężenia w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia a) odcinki drogowe, b) skrzyżowania drogowe..... 149	149
Tab. 5.25. Poziom dźwięku – odcinki drogowe 150	150
Tab. 5.26. Liczba dni w tygodniu z przekroczoną wartością Q_k przy dopuszczeniu przekroczenie 1 i 2 godziny w dniu o największym udziale w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia.... 151	151
Tab. 5.27. Miary warunków ruchu przy dopuszczeniu przekroczenia natężenia krytycznego w jednej godzinie w tygodniu – odcinki drogowe 152	152
Tab. 5.28. Miary warunków ruchu przy dopuszczeniu przekroczenia natężenia krytycznego w jednej godzinie w tygodniu (wlot krytyczny) – skrzyżowania drogowe..... 152	152
Tab. 6.1. Statystyki opisowe % udziału natężeń z 50 i 30h w SDR i SDR^k w różnych latach – ogół pojazdów 155	155
Tab. 6.2. Statystyki opisowe % udziału natężenia 50 i 30h kier. dominującego w natężeniu w przekroju drogi w różnych latach – ogół pojazdów 155	155
Tab. 6.3. Ranking wystąpień pierwszych 50 największych natężeń w roku w danym dniu tygodnia – odpowiednio przekrój drogi i kierunek dominujący 155	155
Tab. 6.4. Skutki eksploatacyjne projektowania dla 1, 30 i 50h w roku według metody $HCM2000$ – przekrój drogi dwupasowej dwukierunkowej 158	158
Tab. 6.5. Statystyki opisowe procentowego udziału natężenia w pierwszych 50h w roku kierunku dominującego w natężeniu w przekroju drogi – ogół pojazdów 160	160
Tab. 6.6. Statystyki opisowe procentowego udziału pojazdów ciężkich w pierwszych 50h w roku. 161	161
Tab. 6.7. Natężenie 50h w roku oraz liczba godzin o natężeniu od niego większym wyznaczone dla przekroju drogi (p) i kierunku dominującego (dk) – ogół pojazdów (rok 2010 lub dla dróg wielopasowych ostatni dostępny rok pomiaru) 161	161
Tab. 6.8. Udział pojazdów ciężkich rzeczywisty oraz wyznaczony na podstawie: SDR w przekroju drogi i analizowanym kierunku; pomiaru ruchu w piątek lub niedzielę, VII – VIII w godzinach 15:00 – 19:00 – rok 2010 165	165
Tab. 6.9. tatystyki opisowe i zakres zmiennych objaśniających modeli regresji wielorakiej szacowania Q_{50sz} na podstawie maksymalnego natężenia godzinowego..... 170	170
Tab. 6.10. Porównanie dokładności szacowania Q_{50sz} metodą wskaźnikową (MW) 171	171
Tab. 6.11. Porównanie dokładności szacowania Q_{50sz} metodą wskaźnikową ($MPD1$, $MPD2$) 172	172
Tab. 6.12. Wyniki analizy statystycznej dla modelu regresji: a) przekrój drogi, b) kierunek ruchu.. 174	174
Tab. 6.13. Porównanie dokładności szacowania Q_{50sz} przy wykorzystaniu modelu regresji wielorakiej 175	175

Tab. 6.14.	Statystyki opisowe dla modeli sztucznych sieci neuronowych	176
Tab. 6.15.	Porównanie dokładności szacowania Q_{50sz} przy wykorzystaniu modelu sztucznej sieci neuronowej dającego największą łączną dokładność (<i>MLP 4:4-7-1:1, MLP 7:7-7-1:1</i>).	176
Tab. 6.16.	Porównanie dokładności szacowania Q_{50}	177
Tab. 6.17.	Statystyki opisowe zależności natężenia dobowego od natężeń 3-godzinowych	179
Tab. 6.18.	Średni <i>MAPE</i> natężeń dobowych szacowanych na podstawie 1, 2 i 3 - godzinnych pomiarów w godzinach 9:00-15:00	179
Tab. 6.19.	Dobór profilu zmienności dobowej w zależności od wielkości stosunku największego godzinowego natężenia ruchu z pomiarów porannych do popołudniowych	181
Tab. 6.20.	Dobór profilu zmienności dobowej w zależności od występowania szczytów ruchu	184
Tab. 6.21.	Zestawienie wyników pomiaru ruchu na DK 52 dnia 12.10.2012r. oraz wskaźników zmienności dobowej (suma z całego okresu pomiarowego), tygodniowej i sezonowej.	185
Tab. Z4.1.	Współczynnik zmienności ε [%] w poszczególnych miesiącach w roku - rok 2010.....	Z4
Tab. Z4.2.	Współczynnik zmienności ε [%] w poszczególnych godzinach w dobie - środa - rok 2010	Z4
Tab. Z4.3.	Ranking ε dla poszczególnych miesięcy w roku - rok 2010	Z4
Tab. Z4.4.	Ranking ε dla poszczególnych godzin w dobie - środa - rok 2010	Z4
Tab. Z4.5.	Ranking <i>SDRm</i> dla poszczególnych miesięcy w roku - rok 2010	Z5
Tab. Z4.6.	Ranking <i>Qd</i> dla środy - rok 2010	Z5
Tab. Z4.7.	Wskaźniki wzrostu ruchu [%] na kierunku 1- stacje Golden River	Z5
Tab. Z4.8.	Wskaźniki wzrostu ruchu [%] na kierunku 2- stacje Golden River	Z6
Tab. Z4.9.	Średni <i>MAPE</i> udziałów natężeń dobowych poszczególnych miesięcy w <i>SDR</i> - stacje <i>Golden River</i>	Z6
Tab. Z4.10.	<i>MAPE</i> udziałów natężeń dobowych poszczególnych miesięcy w <i>SDR</i> na kier. 1 oraz 2 w odniesieniu do przekroju drogi - stacje Golden River rok 2010	Z7
Tab. Z4.11.	<i>MAPE</i> udziałów poszczególnych godzin w dobie na kierunku 1 oraz 2 w odniesieniu do przekroju drogi - stacje Golden River rok 2010	Z8
Tab. Z4.12.	Odchylenie standardowe udziałów poszczególnych godzin w dobie w dniach wtorek, środa, czwartek - stacje Golden River rok 2010 (ogół pojazdów)	Z8
Tab. Z4.13.	Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – ogół pojazdów	Z9
Tab. Z4.14.	Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – pojazdy ciężkie	Z10
Tab. Z4.15.	Statystyki opisowe poszczególnych profili – zmienność dobową DK dla: a) ogół pojazdów, b) pojazdy ciężkie	Z11
Tab. Z4.16.	Profile zmienności natężeń ruchu uzyskane dla stacji Traxelektronik, pokrywające się z poszczególnymi profilami dla stacji Golden River	Z12
Tab. Z4.17.	Średni <i>MAPE</i> w zależności od okresu pomiaru – ogół pojazdów	Z13
Tab. Z4.18.	Średni <i>MAPE</i> w zależności od okresu pomiaru – pojazdy ciężkie	Z14
Tab. Z4.19.	Wyniki analizy statystycznej dla modelu regresji szacowania <i>SDR</i> – wszystkie punkty pomiarowe i wybrane	Z15

Tab. Z5.1.	Wpływ natężenia i udziału pojazdów ciężarowych na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi wielopasowe (2 pasy w jednym kierunku)	Z18
Tab. Z5.2.	Wpływ natężenia i gęstości wjazdów na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – drogi wielopasowe (2 pasy w jednym kierunku).....	Z18
Tab. Z5.3.	Wpływ natężenia i znajomości drogi przez kierujących pojazdami na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi wielopasowe (2 pasy w jednym kierunku)	Z18
Tab. Z5.4	Wpływ natężenia i udziału pojazdów ciężarowych na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – autostrady (2x2).....	Z19
Tab. Z5.5.	Wpływ natężenia i gęstości węzłów na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – autostrady (2x2)	Z19
Tab. Z5.6.	Wpływ natężenia i znajomości drogi przez kierujących pojazdami na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – autostrady (2 pasy w jednym kierunku)	Z20
Tab. Z6.1.	Statystyki opisowe dla funkcji potęgowej i odchylenia standardowego procentowych różnic (cały szereg oraz pomniejszony o odpowiednią liczbę godzin).....	Z23
Tab. Z6.2.	Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – ogół pojazdów	Z23

1. WPROWADZENIE

1.1. Uzasadnienie podjęcia tematu

Podstawowymi parametrami opisującymi ruch drogowy jest Średni Dobowy Ruch w roku (*SDR*) oraz godzinowe natężenie miarodajne (Q_m – w roku pomiaru, Q_{mp} – w roku prognozy). Mają one kluczowe znaczenie w analizach eksploatacyjnych oraz projektowych obiektów drogowych a ich dokładne i wiarygodne wyznaczenie możliwe jest jedynie na podstawie danych pochodzących z ciągłych automatycznych pomiarów ruchu. Jednakże, głównie z uwagi na koszty zbierania i przetwarzania, z większości odcinków drogowych nie ma takich danych, więc wielkości te muszą być wyznaczone w oparciu o krótkie okresy wyrwykowych pomiarów. W opracowaniu Ruch Drogowy [79, 80, 81] zamieszczone są typowe profile zmienności rocznej i tygodniowej przeciętnych dobowych natężeń ruchu, reprezentatywne dla całej sieci dróg krajowych w Polsce o określonym charakterze ruchu (gospodarczy, turystyczny, rekreacyjny). Na ich podstawie można wykonywać uproszczone przeliczenia natężeń z pomiarów krótkotrwałych na *SDR*. Takie transponowanie wyników pomiarów krótkotrwałych obarczone może być dużym ryzykiem popełnienia błędu, związanym ze zróżnicowaniem wahań natężenia ruchu na różnych odcinkach dróg krajowych oraz z czynnikami losowymi. Nie jest podana charakterystyka zmienności profili natężeń w różnych przekrojach pomiarowych (na poszczególnych jednorodnych odcinkach dróg), jak również w rozbiciu na poszczególne kierunki ruchu oraz rodzaje ruchu (lekki, ciężki). Nie jest więc znana reprezentatywność typowych profili natężeń ruchu w ciągu roku i w ciągu tygodnia w odniesieniu do analizowanego odcinka drogi. Dodatkowo brak jest typowych dobowych profili zmienności ruchu. Wymienione charakterystyki zmienności natężeń ruchu są niezbędne do celów planistycznych, projektowych i eksploatacyjnych, między innymi do doboru typów skrzyżowań i ich projektowania, do ustalenia godziny szczytu porannego i popołudniowego, do planowania krótkotrwałych pomiarów i transponowania ich wyników na natężenia dobowe, do analiz ekonomicznych w studiach wykonalności, do analiz nawierzchniowych, do określania poziomu hałasu itd. Wyszczególniona powyżej problematyka zostanie objęta badaniami w celu uzupełnienia charakterystyk ruchu.

Kolejną bardzo istotną kwestią jest określenie godzinowego natężenia miarodajnego dla potrzeb eksploatacji dróg Q_m (w bieżącym roku, w którym był wykonywany pomiar), które stanowi podstawę do wyznaczenia natężenia miarodajnego dla potrzeb projektowych Q_{mp} (w roku prognozy). Q_{mp} jest to natężenie prognozowane na podstawie Q_m . W praktyce przyjmuje się Q_{mp} jak też Q_m jako 50 (ewentualnie 30, 100 lub 150) wartość z największych godzinowych natężeń w roku dla dróg o wyróżnionym charakterze ruchu (gospodarczy, rekreacyjny, turystyczny), lecz niezależnie od celu eksploatacyjno-funkcjonalnego lub projektowego, jakiemu ma służyć. Nie podaje się także szczegółowej charakterystyki zbioru największych godzinowych natężeń ruchu w roku uzasadniającej przyjmowane statystyki

pozycyjne oraz jednorodność ruchową odcinków drogowych. Oczywistym wydaje się, że różne elementy drogi wykazują różną wrażliwość na zmiany natężenia. Sprawne funkcjonowanie obiektu drogowego jest więc determinowane m.in. dokładnością estymacji natężenia miarodajnego, które powinno uwzględniać specyfikę ruchową drogi. W przypadku braku danych pochodzących z pomiarów ciągłych natężenie miarodajne określa się jako procentowy udział w odniesieniu do *SDR* (opracowanie Ruch Drogowy podaje odpowiedni udział 30, 50, 100 i 150 godziny w *SDR* w zależności od charakteru ruchu). W pracy poddano analizie rozkłady największych godzinowych natężeń, służących do wyznaczania natężeń wyjściowych oraz wrażliwość elementów drogowych na dokładność ich estymacji. To powinno umożliwić identyfikację skutków eksploatacyjnych określania Q_m w dotychczasowy sposób, jak również stworzyć racjonalne podstawy charakterystyki natężenia ruchu do projektowania i eksploatacji dróg.

Do podjęcia tematu badań skłoniły autora następujące przesłanki:

- zbyt ogólne – reprezentujące całą sieć dróg krajowych – profile zmienności ruchu służące do transponowania natężenia dobowego na *SDR*,
- brak profili zmienności sezonowej i tygodniowej dla grupy pojazdów ciężkich,
- brak analiz dotyczących zmienności profili ruchu w kolejnych latach,
- brak charakterystyki dobowej zmienności ruchu, w powiązaniu z charakterem ruchu oraz cechami drogi i jej otoczenia,
- brak aktualnych analiz zbioru największych godzinowych natężeń ruchu w roku uzasadniających przyjmowanie jako natężenia miarodajnego 50 (ewentualnie 30, 100 lub 150) wartości z największych godzinowych natężeń w roku oraz skutków eksploatacyjnych jakie powodują natężenia większe od miarodajnego,
- brak szczegółowej charakterystyki zbioru największych godzinowych natężeń w roku obejmującej strukturę kierunkową, udział pojazdów ciężkich czy okres ich występowania (dzień tygodnia, miesiąc w rok, godzina w dobie),
- nie uwzględnianie przy wyznaczaniu natężenia wymiarowania częstych stanów zatłoczenia (na niektórych odcinkach dróg),
- brak wiedzy dotyczącej niezawodności wymiarowania dróg według Q_{mp} ,

Z podanego uzasadnienia wynika główny cel pracy, którym jest **określenie miarodajnych charakterystyk zmienności natężenia ruchu i jego parametrów dla określonych potrzeb eksploatacyjnych wybranych obiektów drogowych a także potrzeb prognozowania ruchu. Zastosowania eksploatacyjne w niniejszej pracy odnoszą się do oceny sprawności elementów infrastruktury drogowej i jakości ich funkcjonowania oraz oddziaływań ruchu na otoczenie przy zmiennych w czasie obciążeniach.**

1.2. Tezy pracy

1. Podział sieci drogowej na odcinki jednorodnie ruchowo powinien uwzględniać charakterystyki lokalizacji drogi i otoczenia oraz zmienności natężeń ruchu w czasie, określone dla ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich oraz dla przekroju drogi i kierunków ruchu. Dla odcinków jednorodnych można określić wzorce zmienności i miarodajne parametry ruchu z wykorzystaniem narzędzi analiz regresyjnych, teorii szeregów czasowych oraz sztucznych sieci neuronowych.
2. Określenie zależności między cechami zmienności natężenia ruchu a *SDR* pozwoli na wyznaczenie takiego zakresu i czasu przeprowadzania pomiarów wrywkowych, który poprawi wiarygodność szacowania Q_m .
3. Zróznicowana wrażliwość obiektów drogowych i ich otoczenia na zmiany natężeń ruchu powoduje potrzebę indywidualnego podejścia do określania charakterystyk zmienności natężeń ruchu dla potrzeb eksploatacji wybranych obiektów drogowych.

1.3. Naukowe i praktyczne cele pracy

Cele naukowe:

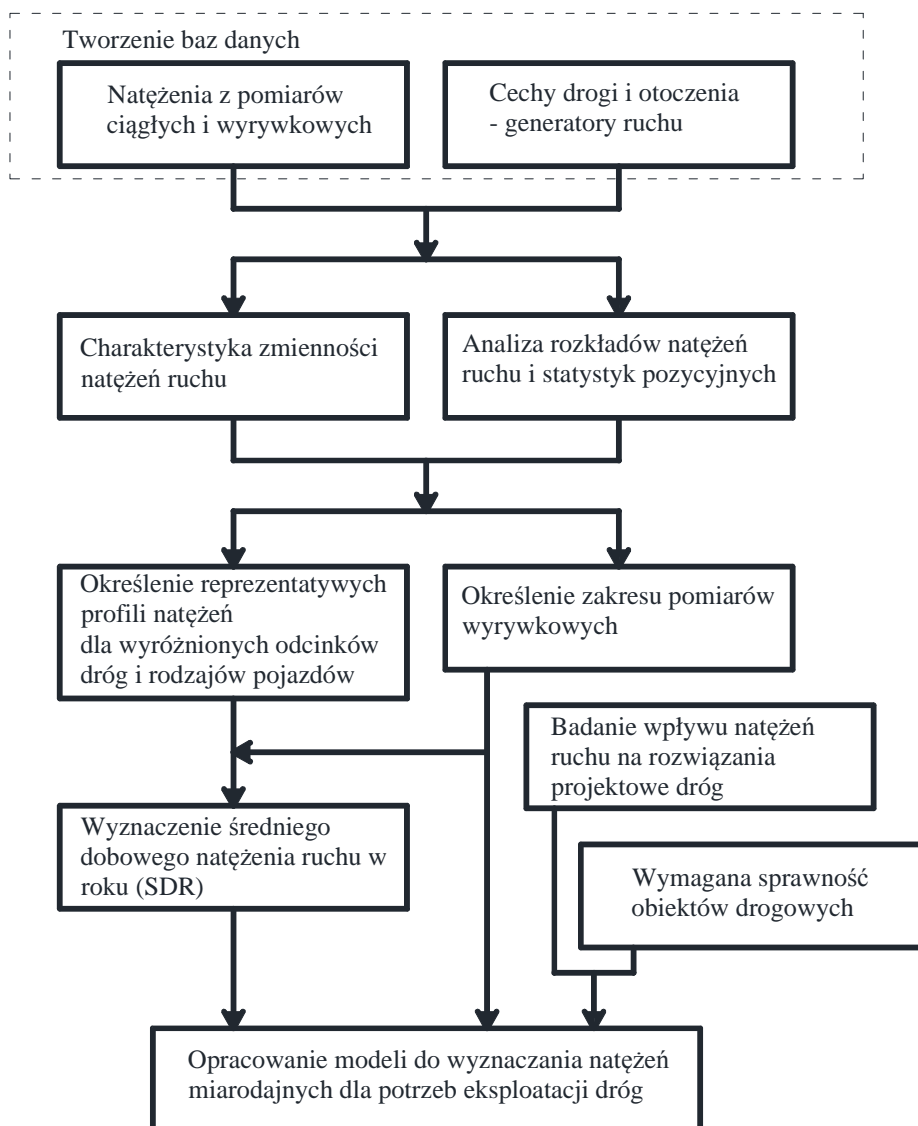
- a) Opracowanie algorytmu uzupełniania brakujących danych z rejestracji ciągłych z wykorzystaniem modelu *SARIMA*.
- b) Zastosowanie metody analizy skupień do wyznaczania jednorodnych ruchowo odcinków sieci dróg zamiejskich.
- c) Identyfikacja zmienności natężenia ruchu i jej determinant oraz ich wpływu na charakterystyki natężenia ruchu miarodajne dla celów eksploatacji wybranych obiektów drogowych z wykorzystaniem analiz regresyjnych, teorii szeregów czasowych oraz sztucznych sieci neuronowych.
- d) Opracowanie modeli matematycznych do wyznaczania natężenia miarodajnego do analiz eksploatacyjnych wybranych obiektów drogowych.

Cele praktyczne:

- a) Określenie podziału sieci dróg i ruchu z uwagi na kryterium charakterystyki zmienności ruchu.
- b) Opracowanie zasad przyporządkowania charakterystyk zmienności ruchu do analizowanych odcinków dróg.
- c) Określenie zakresu pomiarów wrywkowych i sposobu transponowania ich wyników na natężenia miarodajne do analiz eksploatacyjnych dróg.
- d) Stworzenie racjonalnych podstaw do procedur wyznaczania natężenia miarodajnego.

1.4. Problematyka i zakres badań

Problematykę i zakres badań ilustruje schemat na rys. 1.1.



Rys. 1.1. Problematyka i zakres badań

1.5. Zawartość pracy

Niniejszy rozdział stanowi wstęp do rozprawy doktorskiej. Zawarto w nim syntetyczne uzasadnienie podjęcia tematu oraz tezy pracy. Przedstawiono również podstawowe parametry opisujące ruch drogowy (Średni Dobowy Ruch w roku *SDR* oraz natężenie miarodajne Q_m), które pojawią się w pracy. Ponadto określono naukowe i praktyczne cele pracy.

W rozdziale 2 przedstawiono syntezę doświadczeń polskich i zagranicznych w dziedzinie badań ruchu, metodologii wyznaczania *SDR* (wraz z metodami uzupełniania

brakujących danych) oraz sposobu określania Q_m . Ponadto rozdział ten stanowi bazę teoretyczną analizowanych modeli. Przedstawiono w nim zagadnienie modelowania szeregów czasowych (w tym sezonowy model *SARIMA*), sztucznych sieci neuronowych oraz regresji wielorakiej.

Rozdział 3 dotyczy budowy i weryfikacji baz danych. Przedstawiono w nim źródła dostępnych danych (pomiar ciągły, Generalny Pomiar Ruchu na drogach krajowych i Pomiar Ruchu na drogach wojewódzkich) oraz zakres koniecznych pomiarów własnych wraz z ich metodyką i przyjętymi do nich założeniami. Ponadto przedstawiono algorytm uzupełniania brakujących danych.

Rozdział 4 opisuje jeden z głównych celów rozprawy. Znajdują się w nim szczegółowe analizy zmienności natężeń ruchu: dobowej, tygodniowej i sezonowej. Podane zostały także kryteria podziału sieci dróg i określone reprezentatywne, relatywne profile zmienności natężeń (w odniesieniu do zmienności dobowej, tygodniowej i sezonowej). Ponadto przedstawiono modelowe zależności między cechami zmienności natężenia ruchu w czasie a *SDR* przy uwzględnieniu wyróżnionych cech drogi i jej otoczenia. W celu realizacji powyższych zadań wykorzystano: analizę skupień, teorię szeregów czasowych oraz analizy regresyjne i sztuczne sieci neuronowe.

W rozdziale 5 zawarto szczegółową analizę wpływu charakterystyk zmienności natężenia ruchu na eksploatację wybranych obiektów drogowych na przykładzie odcinków drogowych, skrzyżowań oraz poziomu hałasu.

Rozdział 6 poświęcony jest opracowaniu modeli do wyznaczania godzinowego natężenia miarodajnego dla potrzeb eksploatacji dróg wraz z podaniem wymaganego zakresu pomiarów wyrzykowych. Jest to jeden z głównych celów pracy.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie pracy wraz z odniesieniem do wcześniej wyznaczonych celów pracy. W rozdziale tym zostały także przedstawione kierunki dalszych badań.

2. SYNTEZA LITERATURY KRAJOWEJ I ZAGRANICZNEJ

2.1. Czasowy i przestrzenny zakres badań natężeń ruchu

2.1.1. Generalny Pomiar Ruchu na drogach krajowych

Generalny pomiar ruchu (*GPR*) przeprowadzany jest w Polsce od roku 1965 [79, 80, 81], co 5 lat. Od roku 1985 swoim zakresem obejmuje sieć dróg krajowych, a pomiary przeprowadza się w cyklu obejmującym 9 dni (wcześniej obejmował sieć dróg państwowych o nawierzchni twardej oraz 14 dni - decyzję o redukcji czasu trwania pomiaru podjęto uwzględniając zarówno kryterium ekonomiczne jak i dokładności). Metodologia pomiaru zakłada, podział sieci dróg na jednorodny pod względem wielkości ruchu odcinki. Do roku 2005 było ich 5 natomiast w roku 2010 zredukowano ich liczbę do 3. Rejestracji podlegają wszystkie pojazdy samochodowe korzystające z dróg publicznych (od 2005 roku zrezygnowano z rejestracji pojazdów zaprzęgowych) oraz rowery i motorowery (łącznie 8 kategorii), w podziale na kierunki ruchu. Pomiary realizowane są przez obserwatorów sposobem ręcznym lub półautomatycznym a ich czas trwania uzależniony jest od rodzaju odcinka pomiarowego (czas trwania jednego dziennego pomiaru wynosi 16 lub 8 godzin, jednego nocnego 8 godzin). Pomiary realizowane są zgodnie ze ściśle określonym harmonogramem terminowym zamieszczonym w [60, 114, 115]. Autorzy Chodur i Gaca [15], zaproponowali redukcję czasu trwania dziennego pomiaru do 4 godzin. Pomiar ten powinien być realizowany w tych kolejnych 4 godzinach dnia, które charakteryzują się najmniejszymi wartościami współczynników zmienności czasowej i przestrzennej (udziały godzinowych natężeń ruchu w ruchu całodziennym dla różnych typów linii dziennego przebiegu są zbliżone). Ponadto powinny one obejmować okresy ruchu szczytowego (13:00-17:00). Rejestracja ruchu w roku 2000 odbywała się w 1464 punktach pomiarowych, w 2005 w 1734 oraz w 2010 w 1793. W jej wyniku podzielono odcinki drogowe na podstawie tzw. charakteru ruchu (w zależności od ruchu niedzielno i wakacyjnego) na trzy grupy: o charakterze ruchu gospodarczym, turystycznym i rekreacyjnym. W 2010 roku do poszczególnych grup należało odpowiednio 89%; 1% oraz 10% dróg. Należy nadmienić, że w okresie 2005-2010 długość dróg krajowych objętych pomiarem zwiększyła się o prawie 450 km oraz że zmienił się układ sieci drogowej (wybudowanie i oddanie do eksploatacji nowych odcinków autostrad, dróg ekspresowych oraz obwodnic) [66]. Ponadto wpływ na zmiany w rozkładzie i wielkości ruchu miały występujące w 2010 roku powodzie.

2.1.2. Pomiar Ruchu na drogach wojewódzkich i powiatowych

Na drogach wojewódzkich co 5 lat prowadzi się pomiar ruchu (*PR*), w cyklu obejmującym 5 dni. Czas trwania pomiarów uzależniony jest od rodzaju odcinka pomiarowego (4 typy) i trwa 16 lub 8 godzin, ściśle z harmonogramem [2, 118]. Do roku 2005 rejestracji podlegały wszystkie pojazdy samochodowe korzystające z dróg publicznych oraz rowery i pojazdy zaprzęgowe (łącznie 9 kategorii), w przekroju drogi (brak rozróżnienia na kierunki ruchu). W 2010 roku zrezygnowano z rejestracji pojazdów zaprzęgowych. Ponadto również na zamiejskiej sieci dróg powiatowych, co 5 lat, prowadzi się uproszczony pomiar ruchu [101, 116]. Pomiar odbywa się dwukrotnie w maju i październiku w punktach dwóch typów (pomiar całodobowy lub cztero godzinny).

2.1.3. Ciągły Pomiar Ruchu

Od 1974 roku prowadzone są pomiary uzupełniające przy wykorzystaniu rejestratorów typu *Fischer – Porter, RPP -2, RPP - 5, Golden River, PAT* oraz *EasyCOUNT* [121, 122]. Rejestratory te umożliwiają ciągłą automatyczną rejestrację ruchu drogowego w przedziałach, co jedną godzinę przez cały rok. Dzięki temu możliwa jest wiarygodna ocena *SDR*, wyznaczenie miarodajnego godzinowego natężenia ruchu a także określenie sezonowych, tygodniowych i dobowych wahań ruchu. Większość rejestratorów przystosowana jest do współpracy z dwoma pętlami indukcyjnymi na każdym z pasów ruchu, a mogą rejestrować dane maksymalnie z 4 pasów. W tabeli 2.1 zestawiono podstawowe charakterystyki najczęściej stosowanych rejestratorów w Polsce.

Tab. 2.1. Podstawowa charakterystyka urządzeń pomiaru ciągłego

typ rejestratora	licznik	liczba w roku 2010	zbierane dane	
			wielkość ruchu w podziale na:	inne:
Golden River	Marksman 660	33	6 kategorii (EURO-6)	prędkość pojazdów w 14 zakresach
PAT	AVC 100	7	9 kategorii	prędkość pojazdów, długość i odstęp między pojazdami
Easy Count	radarowy	2	5 kategorii	
	RPP-5	15	3 kategorie	
	RPP-2	5	zliczanie liczby pojazdów bez podziału na kategorie, łącznie dla dwóch pasów	

Ponadto od roku 2005 na zlecenie *GDDKiA* zbieraniem danych zajmuje się również prywatna firma *Traxelektronik* [134]. Zliczanie liczby pojazdów odbywa się w interwale 10 minutowym, dla każdego pasa osobno w rozróżnieniu na dwie kategorie (długość < 5 m i > 5 m) oraz w 5 przedziałach prędkości. Pomimo że w 2010 roku pomiar odbywał się na około 90 drogach (przekrój miejski i zamiejski) dane pochodzące z nich nie były wykorzystane.

Na podstawie generalnych (manualnych) i ciągłych (automatycznych) pomiarów ruchu uzyskuje się wartości natężeń i strukturę rodzajową w przekrojach dróg oraz obraz wahań ruchu w czasie i obciążenie ruchem sieci drogowej [28]. Dane statystyczne o ruchu drogowym są publikowane co 5 lat i zawierają między innymi: wartość *SDR* dla całego roku

oraz okresu letniego i zimowego wraz ze strukturą rodzajową ruchu w punktach pomiarowych, obciążenia ruchem sieci dróg z uwzględnieniem podziału funkcjonalnego dróg, długości dróg obciążone ruchem w poszczególnych przedziałach natężeń, pracę przewozową (liczba pojazdokilometrów) na sieci drogowej, dane dotyczące trendów rozwoju, zmian ruchu (jego natężeń, struktury, wahań itp.).

2.1.4. Pomiar wyrwykowy

Kluczową kwestią przeprowadzania pomiarów krótkotrwałych jest wybór odpowiedniej długości okresu pomiarowego i godzin pomiarów w dniu tygodnia, w którym pomiar jest przeprowadzany [14, 28, 94, 104, 120]. Pomiar powinien przypadać na te okresy dnia oraz roku, w których obserwuje się największe natężenia ruchu (przypadają na różne godziny dnia i miesiące, w zależności od funkcji danej drogi/skrzyżowania i od lokalizacji miejsca). Przykładowo na drogach o gospodarczym charakterze ruchu powinny być prowadzone w dni robocze od wtorku do czwartku (także poniedziałki w okresie wiosennym i jesiennym [94]), w miesiącach IV, V, IX, X. W praktyce, w zależności od celu, któremu mają służyć wyniki, najczęściej przyjmuje się 24, 16, 12, 4 i 3 godzinne okresy pomiarowe. Ponadto, w celu zniwelowania przypadkowości danych z pomiarów, zaleca się kilkakrotne wykonanie pomiarów i uśrednienie ich wyników. Podstawowym interwałem odniesienia natężenia ruchu jest jedna godzina, zaś interwałem rejestracji, z uwagi na potrzeby analiz sprawności dróg, powinien być kwadrans. Znajomość chwilowych natężeń pozwala określić zmienność ruchu wewnątrz godziny, wyrażoną wskaźnikiem k_{15} (wzór 2.1.1). Niestety przedmiotowa literatura techniczna [79, 80, 81] nie podaje wartości wskaźnika k_{15} , co powinno zostać uzupełnione przynajmniej w odniesieniu do reprezentantów sieci dróg (opracowanie *HCM* podaje przybliżone wartości w trzech przypadkach tj.: drogi zamiejskie, miejskie oraz drogi ze stanami zatłoczenia).

$$k_{15} = \frac{Q_g}{4 \times q_{15}^{max}} \quad [-] \quad (2.1.1)$$

gdzie: k_{15} – wskaźnik zmienności ruchu w godzinie, Q_g – natężenie ruchu w rozważanej godzinie [P/h], q_{15}^{max} – natężenie z kwadransa rozważanej godziny o największej wartości [P/15 min].

2.1.5. Zagraniczne sposoby badań ruchu

W **Stanach Zjednoczonych** zbieraniem i przetwarzaniem danych ruchowych zajmuje się wiele agencji lokalnych i narodowych między innymi State Departments of Transportation (*DOTs*) [1, 25, 39, 87]. Żeby w pełni móc wykorzystać zebrane dane poszczególne agencje powinny współpracować ze sobą i wykonywać pomiary zgodnie z wytycznymi Traffic Monitoring Guide (*TMG*) [25], Highway Performance Monitoring System (*HPMS*) Guidance,

AASHTO guidelines [1]. Pomiary ruchu umożliwiają uzyskanie wielu bardzo ważnych danych, a wśród nich: średni dobowy ruch w roku (annual daily traffic *AADT*) oraz średnia dzienna długość podróży (daily vehicle distance traveled *DVDT*). *AADT* jest podstawową wielkością używaną przede wszystkim w zakresie planowania, projektowania, utrzymania dróg oraz w wielu analizach ruchu natomiast *DVDT* (długości odcinka drogi podzielona przez jego *AADT*) jest podstawową miarą opisującą wykorzystanie drogi. W tradycyjnym podejściu wyróżnia się trzy różne, ale komplementarne typy pomiarów: ciągłe (continuous), kontrolne (control) oraz „pokrywające” (coverage). Pomiary ciągłe odbywają się każdego dnia, przez cały rok. Ze względu na wysokie koszty, prowadzone są na niedużej liczbie odcinków drogowych (ok. 5%). Przykładowo na Florydzie jest zlokalizowanych 293 stacji pomiaru ciągłego (*ATR*), 78 w Minnesocie oraz 240 w Teksasie [113]. Dane z ciągłego pomiaru ruchu są zestawiane w formie raportów tzw. miesięcznych Travel Volume Trends (*TVT report*). Pomiary kontrolne albo inaczej nazywane sezonowe, przeprowadza się od 2 do 12 razy w ciągu roku i trwają każdorazowo od 24 godzin do 2 tygodni (różne stany planują i przeprowadzają je we własny sposób). Głównym ich celem jest pomoc w identyfikacji profili zmienności ruchu i w konsekwencji pomoc w podziale dróg ze względu na zmienność sezonową. Są one bardzo przydatne w szczególności w miejscach gdzie obserwuje się gwałtowny wzrost ruchu lub w terenach rekreacyjnych. Pomiary „pokrywające” są to, krótkie pomiary ruchu trwające od 6 godzin do 7 dni prowadzone na całej sieci drogowej. *TMG* zaleca, jako kompromis pomiędzy kosztami a dokładnością szacowania *AADT*, żeby jednorazowe pomiary trwały 48 godzin i rejestrowały godzinowe natężenie ruchu. Jednocześnie nie zaleca się pomiarów krótszych niż 24 godziny. Ponieważ w różnych stanach cykl pomiarów jest określany indywidualnie, *TMG* zaleca aby pomiary wykonywane były w cyklu nie dłuższym niż co 6 lat za wyjątkiem odcinków z Highway Performance Monitoring System (*HPMS*), gdzie pomiary powinny być wykonywane w 3 letnim cyklu. Ponadto zaleca się częstsze pomiary w miejscach gdzie obserwuje się zmiany w charakterze ruchu, gdzie powstają nowe generatory ruchu (np. centra handlowe) lub gdzie powstały nowe odcinki dróg. Dane o ruchu na poszczególnych odcinkach dróg mogą być zbierane przez automatyczne liczniki lub wynajętych obserwatorów. Zaleca się aby ruch rejestrowany był w podziale na 13 kategorii według klasyfikacji *FHWA*, tak żeby możliwe było określenie *AADT* dla poszczególnych kategorii pojazdów tzw. *AADT by VC*.

W **Finlandii** [56, 96] istnieje nowoczesny system zarządzania ruchem tzw. *TMS* – Traffic Monitoring System – który dostarcza na bieżąco informacje o natężeniu ruchu na różnych drogach. W skład tego systemu wchodzi:

- *ATR* – Automatic Traffic Recorders- automatyczne pomiary ruchu, z których tworzona jest baza danych i z których określa się m.in. wskaźniki wzrostu i sezonowej zmienności ruchu,

- raporty z pomiarów wyrywkowych, obejmujących najczęściej dwa jednotygodniowe (wyjątkowo trzy) okresy pomiarowe w roku. Każdy okres pomiarowy trwa 5-7 dni i zawiera cały weekend.

Ciągły automatyczny pomiar ruchu (*ATR*) jest realizowany tylko w niektórych miejscach na głównych drogach. Na pozostałych odcinkach *SDR* musi być podobnie jak w Polsce wyznaczany na podstawie krótkich okresów pomiarowych. W Finlandii publiczne drogi podzielono na 15000 odcinków jednorodnych. Pomiarów na każdym z odcinków są wykonywane w cyklu 4-letnim, za wyjątkiem tych odcinków gdzie jest *ATR*, ponieważ tam jest wykonywany w kolejnych latach całoroczny pomiar. Cykl może być 6-letni na odcinkach gdzie *SDR* jest mniejsze od 150 P/d. Pomiarów wykonuje się jeden raz w zimie lub lecie i jeden raz w jesieni (gdy są trzy pomiary jednotygodniowe to dodatkowo również na wiosnę). Pierwszy okres pomiarów jest między 26 a 32 tygodniem roku, a drugi 12 tygodni później. Parametry modelu wyznaczania *SDR* są różne w zależności od okresu pomiaru i profilu zmienności sezonowej (na podstawie analiz określono cztery profile zmienności sezonowej). Wskaźniki zmienności sezonowej, które służą do przeliczania tygodniowego średnio dobowego ruchu (ang. *WADT*) na *SDR* wyznacza się na podstawie pomiarów z *ATR*. Terminy tygodniowych pomiarów są tak dobrane, aby w jednym tygodniu różnica między tymi wskaźnikami była maksymalna (pomiędzy czterema profilami) a w drugim minimalna. Istnieje wskaźnik opisujący błąd w szacowaniu *SDR* tzw. *IAE* – indeks skuteczności przydzielania. Jeżeli wszystkie wskaźniki są dobrane optymalnie wówczas *IAE* = 100%, a jeżeli są źle dobrane wówczas *IAE* = 0%. Gdy wzrasta liczba tygodni pomiarowych z jednego na dwa wówczas *IAE* wzrasta z 95 na 98%. Dwa jednotygodniowe pomiary dają *SDR* na poziomie niepewności 10-21% (mniejszą na drogach podmiejskich i większą na drogach prowadzących mniejszy ruch).

2.2. Metodologia wyznaczania *SDR*

W zależności od dostępnych danych istnieją różne sposoby wyznaczania Średniego Dobowego Ruchu w roku.

2.2.1. Na podstawie danych z Generalnego Pomiaru Ruchu (*DK*) i Pomiaru Ruchu (*DW*)

Na podstawie danych pochodzących z **Generalnego Pomiaru Ruchu (*GPR*)** na drogach krajowych (*DK*), *SDR* do 2005 roku wyznaczało się na podstawie wzoru zatwierdzonego przez *GDDKiA* [60]:

$$SDR = \frac{M_R \times N_1 + 0,8M_R \times N_2 + M_N \times N_3}{N} + R_N \text{ [P/d]} \quad (2.2.1)$$

gdzie: *SDR* – średni dobowy ruch pojazdów samochodowych ogółem,

- M_R – średni dzienny ruch w dni robocze (od poniedziałku do piątku),
 $0,8M_R$ – średni dzienny ruch w soboty i dni przedświąteczne,
 M_N – średni dzienny ruch w niedziele i święta,
 R_N – średni ruch nocny,
 N_1 – liczba dni roboczych w roku,
 N_2 – liczba sobót i dni przedświątecznych w roku,
 N_3 – liczba niedziel i dni świątecznych w roku,
 N – liczba wszystkich dni w roku

Wielkości M_R , M_N oraz R_N wyznacza się ze wzorów:

$$M_R = \frac{1}{3} \times \left(\frac{X_2 + X_6}{2} + \frac{X_3 + X_8}{2} + \frac{X_1 + X_4}{2} \right), M_N = \frac{1}{2} \times \left(\frac{X_5 + X_7}{2} + X_9 \right),$$
$$R_N = \frac{1}{2} \times (X_{10} + X_{11})$$

gdzie: X_1, X_2, \dots, X_{11} – liczba pojazdów samochodowych ogółem w kolejnych dniach pomiarowych, w godzinach 6:00-22:00 lub 22:00-6:00 zgodnie z harmonogramem terminów przeprowadzonych pomiarów zamieszczonym w [60, 114, 115].

W roku 2010 wzór (2.2.1) został nieco zmodyfikowany i wielkość średniego dziennego ruchu w soboty i dni przedświąteczne została zmniejszona z wielkości 0,8 na $0,75M_R$ (wzór 2.2.2).

$$SDR = \frac{M_R \times N_1 + 0,75M_R \times N_2 + M_N \times N_3}{N} + R_N \text{ [P/d]} \quad (2.2.2)$$

Wszystkie oznaczenia jak wcześniej.

Dla danych pochodzących z **Pomiaru Ruchu (PR)** na drogach wojewódzkich (DW), SDR w 2005 roku wyznaczano na podstawie wzoru (2.2.1) natomiast w 2010, analogicznie jak w przypadku GPR , na bazie wzoru zmodyfikowanego (2.2.2). Wielkości M_R , M_N oraz R_N wyznacza się z poniższych wzorów:

$$M_R = \frac{1}{3} \times (X_1 + X_2 + X_4), M_N = \frac{1}{2} \times (X_3 + X_6), R_N = X_5$$

gdzie: X_1, X_2, \dots, X_5 – liczba pojazdów samochodowych ogółem w kolejnych dniach pomiarowych, w godzinach 6:00-22:00 lub 22:00-6:00 zgodnie z harmonogramem terminów przeprowadzonych pomiarów zamieszczonym w [2, 117, 118].

2.2.2. Na podstawie danych z pomiarów ciągłych

Na podstawie danych pochodzących z **pomiarów ciągłych**, można wyznaczyć wartość SDR kilkoma sposobami:

Metoda 1: wprost z definicji SDR , ale jest to możliwe tylko przy posiadaniu pełnych danych z całego roku i wówczas:

$$SDR = \frac{\sum_{i=1}^{i=365} Q_{di}}{365} \text{ [P/d]} \quad (2.2.3)$$

gdzie: SDR – średni dobowy ruch pojazdów samochodowych ogółem, Q_{di} – natężenie dobowe i -tego dnia, $i = 366$ – w roku przestępnym, wówczas mianownik wynosi 366

Metoda 2: w sposób pośredni, tzw. średnia ze średnich wg metody *AASHTO* [1], wyznaczając najpierw SDR_{ij} z poszczególnych dni tygodnia z każdego miesiąca, następnie SDR_i z poszczególnych dni tygodnia z 12 miesięcy i w efekcie końcowym z 7 dni tygodnia uzyskuje się SDR .

$$SDR = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \left[\frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Q_{ijk}^d \right) \right] \text{ [P/d]} \quad (2.2.4)$$

gdzie: SDR – średni dobowy ruch pojazdów samochodowych, i - dzień tygodnia, j – miesiąc w roku, k – kolejny dzień w miesiącu (np. drugi poniedziałek w styczniu), $Q_{ijk}^d - k$ - te natężenie dobowe i - tego dnia w miesiącu j , n - liczba i - tych dni w miesiącu.

Metoda ta pozwala na wyznaczenie SDR przy braku ciągłości danych [1, 25, 65]. Zakłada się, że analizę wyników na poziomie miesiąca można wykonać w przypadku posiadania wyników z minimum 7 dni, przy czym reprezentowany musi być każdy z dni tygodnia. Warunkiem wykonania analizy rocznej jest kompletność minimalnej liczby danych we wszystkich miesiącach w roku.

Metoda 3: w sposób pośredni obliczając dobowy ruch oddzielnie dla każdego z dwunastu miesięcy, a następnie wyznaczając średnią i w efekcie uzyskując SDR .

Metoda 4: w sposób pośredni obliczając dobowy ruch oddzielnie dla każdego dnia tygodnia, a następnie wyznaczając średnią i w efekcie uzyskując SDR .

2.2.3. Na podstawie danych z pomiarów krótkotrwałych

Dla danych pochodzących z pomiarów krótkotrwałych, SDR szacuje się na podstawie metody wskaźnikowej (wzór 2.2.5). W przypadku pomiarów krótszych niż 24 godziny, krajowe wytyczne nie podają ani wskaźników przeliczeniowych ani typowych dobowych profili zmienności ruchu (w USA wskaźniki przeliczeniowe każdej godziny na dobę udostępniane są przez *DOT* w poszczególnych stanach). Dostępna jest jedynie szacunkowa wielkość, procentowego udziału godziny szczytu w natężeniu całodobowym (8 – 11%). W nielicznych pracach poświęconych temu tematowi [15, 65] można wprawdzie znaleźć wartości umożliwiające przeliczenie pomiarów kilkogodzinnych na dobowe, jednak odnoszą się one tylko do szczególnych przypadków (np. dla regionu Krakowa oraz dla warunków miejskich).

$$SDR = \frac{Q_d}{W_i \times W_j} \text{ [P/d]} \quad (2.2.5)$$

Wielkości W_i oraz W_j wyznacza się ze wzorów:

$$W_i = \frac{SDR_d}{SDR}, W_j = \frac{SDR_m}{SDR} \quad (2.2.6)$$

gdzie: W_i - wskaźnik danego dnia tygodnia wyraża udział w średnim dobowym ruchu w roku średniego dobowego natężenia danego dnia tygodnia (np. poniedziałku) w zależności od sytuacji w odniesieniu do ogółu pojazdów, pojazdów lekkich lub pojazdów ciężkich,

W_j - wskaźnik danego miesiąca wyraża udział w średnim dobowym ruchu w roku średniego dobowego natężenia danego miesiąca (np. stycznia) w zależności od sytuacji w odniesieniu do ogółu pojazdów, pojazdów lekkich lub pojazdów ciężkich,

SDR_d – średni dobowy ruch w roku dla danego dnia (np. poniedziałku) odpowiednio dla ogółu pojazdów, pojazdów lekkich lub pojazdów ciężkich,

SDR_m – średni dobowy ruch w danym miesiącu, odpowiednio dla ogółu pojazdów, pojazdów lekkich lub pojazdów ciężkich.

Istnieją także bardziej zaawansowane sposoby wyznaczania wskaźników zmienności sezonowej i tygodniowej (W_i i W_j) przy wykorzystaniu między innymi: teorii szeregów czasowych czy liniowej regresji wielokrotnej [47, 65]. W Polsce stosuje się metodę wskaźnikową opartą na 19 niezależnych od siebie wskaźnikach przeliczeniowych (7 dla dni tygodnia i 12 dla miesięcy). W literaturze zagranicznej można spotkać inne podejście do wyznaczania wskaźników przeliczeniowych [1, 25, 37, 97]. W USA wskaźniki zmienności tygodniowej wyznacza się dla każdego dnia tygodnia jak również mniejszą ich liczbę, przy różnym stopniu agregacji dni o podobnych wielkościach natężeń dobowych (5, 4, 2 wskaźniki). Można traktować je osobno albo łączyć je z miesiącami wówczas otrzymuje się 84 wskaźniki 60, 48 lub 24. W niektórych przypadkach można stosować tylko wskaźniki zmienności tygodniowej albo tylko zmienności sezonowej. Ponieważ wskaźniki określane są raz na parę lat, w USA dodatkowo w szacowaniu SDR uwzględnia się tzw. zjawisko „starzenia się” SDR . Zjawisko to można zredukować albo przez uzupełnienie historycznych danych z pomiaru o aktualne dane pochodzące np. ze zdjęcia lotniczego [38] lub poprzez tzw. wskaźniki wzrostu (growth factor G_h), określane z pomiarów ciągłych. Dodatkowo ze względu na bardzo ważną rolę pojazdów ciężkich w USA w miejscach gdzie pomiar ruchu odbywał się przy wykorzystaniu czujników jednoosiowych, uwzględnia się tzw. wskaźnik korekcji osiowej (axle correction A_i). W literaturze zagranicznej można spotkać jeszcze inne sposoby szacowania SDR np. na bazie tygodniowego średnio dobowego ruchu ($AWDT$) [46]. Współczynniki potrzebne do przeliczania $AWDT$ na SDR podane są w Highway Capacity Manual (HCM) [35, 36] i muszą być zatwierdzone przez administrację stanową.

2.3. Ocena wiarygodności danych

2.3.1. Pomiary ręczne i automatyczne

Uzyskanie wiarygodnych wielkości *SDR* wymaga, obok właściwych algorytmów jego wyznaczania, prawidłowego prowadzenia pomiarów ruchu. W przypadku pomiarów ciągłych bardzo często okazuje się, że nie we wszystkich stacjach pomiar przeprowadzany jest rzeczywiście w sposób ciągły (awaria sprzętu pomiarowego, remont odcinka drogi, na którym zlokalizowana jest stacja lub przepełnienie pamięci rejestratorów). Wprawdzie co roku powstają nowe stacje a na istniejących sukcesywnie wprowadza się nowe, lepsze rejestratory jednak nie ma działań prowadzących do polepszenia jakości baz danych. Od lat wiadomo, że najpowszechniej stosowane rejestratory *Marksman 660* ulegają awariom a uzyskane z nich dane są niepełne i obciążone błędami. Z 16-to godzinnych uzupełniających pomiarów ręcznych, które przeprowadza się dwukrotnie w ciągu roku (maj i wrzesień) wynika, że automatyczne klasyfikowanie odbywa się w sposób nieprawidłowy [122]. Dane wynikowe mogą być wykorzystane jedynie przy uproszczeniu podziału pojazdów samochodowych na pojazdy lekkie i pojazdy ciężkie (różnica $\pm 5\%$). W celu zweryfikowania jakości dostępnych danych w pracy [19], przeprowadzono analizę porównawczą danych pochodzących z automatycznego pomiaru ruchu z danymi uzyskanymi w ramach *GPR* w roku 2000 oraz 2005 według wzoru 2.3.1.

$$u = \left(\frac{PC - GPR}{PC} \right) \times 100 \quad [\%] \quad (2.3.1)$$

gdzie: u – procentowa różnica pomiędzy PC a GPR w odniesieniu do PC ,

P – wartość wyznaczona na podstawie pomiarów ciągłych,

GPR – wartość wyznaczona na podstawie generalnego pomiaru ruchu.

Autorzy pracy wykazali, że wielkości te różnią się znacząco między sobą oraz że przyjmują różne znaki (+ i -) w kolejnych latach pomiarowych. Różnica ta wynosi odpowiednio dla roku 2000 i 2005:

- dla ogółu pojazdów: -2,6% (zakres od około +10% do - 11%) oraz +1,3% (zakres od około +12% do - 12%),
- dla pojazdów lekkich: +5,2% (zakres od około +16% do - 4%) oraz -6,9% (zakres od około +10% do - 25%),
- dla pojazdów ciężkich: -40,4% (zakres od około -16% do -88%) oraz +23,1% (zakres od około +50% do -8%).

Niestety trudno jednoznacznie stwierdzić, które dane są poprawne. Wydaje się, że dane z automatycznego pomiaru są bardziej wiarygodne (w roku 2000 zarejestrowano średnio więcej pojazdów podczas Generalnego Pomiaru, natomiast w roku 2005 podczas

automatycznego). Dodatkowo potwierdzają to pomiary kontrolne przeprowadzone przez wykwalifikowanych specjalistów w 2009 roku. W przypadku danych pochodzących z firmy *Traxelektronik* nie prowadzi się pomiarów kontrolnych dlatego też trudno ocenić ich przydatność.

W Stanach zjednoczonych istnieją formalne zasady i procedury sprawdzające jakość danych oraz analiz przeprowadzanych na ich podstawie [1, 25] tzw. Truth-in-data. Zaleca się każdorazowo wyznaczenie tzw. wskaźnika kompletności C (wzór 2.3.2), który mówi o ilości dostępnych danych w stosunku do oczekiwanej wielkości (brak uniwersalnej klasyfikacji wskaźnika). Dzięki temu w łatwy sposób można ocenić wiarygodność i statystyczną przydatność wielkości (w tym SDR) wyznaczonych na podstawie niepełnych danych.

$$C = \left(\frac{n_{dostępne}}{n_{oczekiwane}} \right) \times 100 \quad [\%] \quad (2.3.2)$$

gdzie: $n_{dostępne}$ – rzeczywista liczba rekordów (natężeń godzinowych) lub dni z prawidłowymi danymi,
 $n_{oczekiwane}$ – oczekiwana liczba rekordów (natężeń godzinowych) lub dni.

2.3.2. Szacowanie SDR według GPR

W literaturze krajowej bardzo słabo rozpoznany jest temat dokładności czy poprawności algorytmów do wyznaczania SDR na podstawie wytycznych GPR (wzór 2.2.1). Według [60, 115] dokładność metodologii dla pojedynczego odcinka pomiarowego wynosiła w 2005 roku około 1%, a w 2010 w zależności od typu odcinka pomiarowego od 2,0 do 2,5%. Dodatkowo przy uwzględnieniu błędu pomiaru ręcznego wykonywanego w terenie uzyskuje się błąd nie większy niż 7%. Jednakże z analiz przeprowadzonych w [19, 96] wynika że błąd metodologii popełniony dla pojedynczego odcinka pomiarowego może przekraczać 6%, a przy uwzględnieniu błędów wynikających z pomiarów manualnych nawet ponad 11,0%.

W pracy [19] przeprowadzono szczegółową analizę dokładności szacowania SDR według wzoru 2.2.1 w roku 2000 i 2005. Ze względu na duże różnice w bazach danych analizy przeprowadzono na danych pochodzących ze stacji pomiaru ciągłego. Do weryfikacji wyników wykorzystano wartość SDR wyznaczoną wprost jako średnia z natężeń dobowych z wszystkich dni w roku (tzw. rzeczywista). Różnicę u obliczono zgodnie ze wzorem 2.3.3.

$$u = \left(\frac{SDR_{rzeczywiste} - SDR_{GPR}}{SDR_{rzeczywiste}} \right) \times 100 \quad [\%] \quad (2.3.3)$$

gdzie: u – procentowa różnica pomiędzy $SDR_{rzeczywiste}$ a SDR_{GPR} w odniesieniu do $SDR_{rzeczywiste}$,

$SDR_{rzeczywiste}$ – wartość rzeczywista SDR ,

SDR_{GPR} – wartość SDR szacowana według wytycznych GPR .

Analiza wykazała spory rozrzut wyników. W 2000 i 2005 roku średnia różnica pomiędzy natężeniami wyniosła odpowiednio: -0,2% (od -4,1% do + 3,5%) oraz -1,1% (od -6,4% do + 3,8%). Pomimo, że średnio błąd jest niewielki jednak w poszczególnych miejscach (w zależności od wielkości ruchu) może dawać błąd nawet ponad tysiąc pojazdów na dobę. Ponieważ w 2010 roku wzór 2.2.1 uległ modyfikacji przeprowadzono analogiczną analizę dla danych pochodzących z tegoż roku, przy wykorzystaniu wzoru 2.2.2. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.2.

Tab. 2.2. Wartości SDR w 2010 roku wyznaczone różnymi sposobami

Nr stacji GR	Nr punktu GPR 2010	Średni Dobowy Ruch w roku 2010 [P/dobę]				C [%] (wzór 2.3.2.)	Błąd SDR _{GPR} względem SDR _{PCA} [%]	Błąd SDR _{GPRPC} względem SDR _{PCW} [%]	Błąd SDR _{GPRPC} względem SDR _{PCA} [%]
		GPR (wzór 2.2.2.)	GPRPC (wzór 2.2.2)	PCW (wzór 2.2.3.)	PCA (wzór 2.2.4.)				
1	50301	13522	13461	13649	13640	100,0	0,9	1,4	1,3
2	50204	6774	6746	6758	6747	100,0	-0,4	0,2	0,0
5	70633	14185	13080	12932	12913	100,0	-9,9	-1,1	-1,3
6	70311	17721	17294	16618	17080	93,2	-3,8	-4,1	-1,3
9	21201	17263	17075	17431	17409	100,0	0,8	2,0	1,9
10	11411	6562	6479	7248	7266	97,0	9,7	10,6	10,8
11	20901	26526	26200	26038	26052	98,9	-1,8	-0,6	-0,6
12	10613	11216	11057	11642	11665	97,0	3,8	5,0	5,2
13	20205	16350	16134	16245	16241	95,3	-0,7	0,7	0,7
14	80604	9356	10006	10311	10310	96,7	9,3	3,0	3,0
16	11103	11202	11041	11660	11626	100,0	3,6	5,3	5,0
17	90312	16227	16117	16127	16127	98,4	-0,6	0,1	0,1
22	31101	10997	11111	10704	10659	99,2	-3,2	-3,8	-4,2
23	10207	37637	37675	38772	38535	97,0	2,3	2,8	2,2
27	90621	21922	22996	21657	21903	89,9	-0,1	-6,2	-5,0
28	70301	15529	15583	15667	15639	99,2	0,7	0,5	0,4
29	70416	16427	16709	16659	16634	100,0	1,2	-0,3	-0,4
31	10301	15439	15336	15957	16077	94,2	4,0	3,9	4,6
33	80504	21284	21385	21127	21104	99,7	-0,9	-1,2	-1,3
34	80207	7925	8005	8114	8106	99,7	2,2	1,3	1,2
37	90302	9208	9126	9117	9113	99,5	-1,0	-0,1	-0,1
40	50505	9411	9603	9560	9523	99,5	1,2	-0,4	-0,8
41	50602	8358	8288	8326	8323	100,0	-0,4	0,5	0,4
						Srednia	0,7	0,8	0,9
						MAPE	2,7	2,4	2,3

Jak widać modyfikacja wzoru nie wpłynęła znacząco na poprawę dokładności, a różnica pomiędzy natężeniami (SDR_{GPRPC} i SDR_{PCA}) wyniosła średnio 0,9% (od -5,0 do +10,8).

W pracy [19] poddano także analizie poszczególne składowe wzoru do szacowania SDR. Analiza ta wykazała jeszcze większe rozbieżności w poszczególnych składowych (tabela 2.3.)

Tab. 2.3. Średnia różnica procentowa pomiędzy wartościami wyznaczonymi według wytycznych GPR a wartością rzeczywistą uzyskaną z PC

badany parametr	rok 2000			rok 2005		
	średnia u - wzór 2.3.3 [%]	zakres [%]		średnia u - wzór 2.3.3 [%]	zakres [%]	
		od	do		od	do
SDR w dni robocze	1,1	-2,6	4,0	-0,7	-5,4	3,0
SDR w soboty i dni przedświąteczne (wg. GPR do 2005 80% SDR)	16,5	2,3	33,5	10,8	-8,1	26,5
SDR w niedziela i święta	-12,8	-33,2	-2,7	-8,5	-24,2	0,3
średni ruch w nocy	-8,0	-27,9	11,7	-4,1	-25,4	12,2

Największe rozbieżności odnotowano na odcinkach na których występuje turystyczny charakter ruchu, na odcinkach autostrady oraz na odcinkach o bardzo dużym lub bardzo małym udziale pojazdów ciężkich. Zatem można stwierdzić, że metoda szacowania *SDR* według wytycznych *GPR* jest właściwa jedynie dla „typowych” dróg o gospodarczym charakterze przenoszonego ruchu o przeciętnym udziale pojazdów ciężkich.

2.3.3. Wyznaczanie *SDR* według *PC*

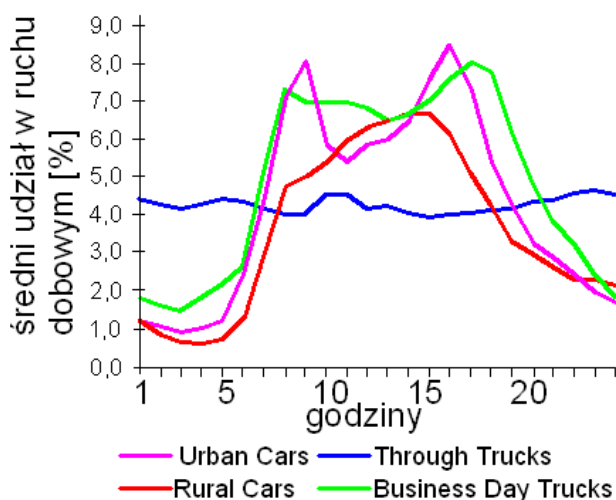
W przypadku algorytmu szacowania *SDR* na bazie pomiarów ciągłych (rozdział 2.2.2) przy komplecie danych wszystkie 4 metody dają zbliżone wyniki (różnica mniejsza od 1%) [1, 19, 37, 97, 112]. Rozbieżności pojawiają się dopiero gdy nie ma ciągłości danych a w szczególności gdy brakujące godziny lub dni są nierównomiernie rozłożone w roku i w miesiącach. W takiej sytuacji wg *metody 1* (wzór 2.2.3) nawet przy założeniu, że w każdym miesiącu, każdy dzień tygodnia ma swojego reprezentanta, mogą zmienić się wagi poszczególnych dni i w konsekwencji można niedoszacować lub przeszacować *SDR* (w literaturze dostępnej autorce nie ma informacji na temat możliwego błędu popełnianego przy takim podejściu). *Metoda 2* (wzór 2.2.4) pozwala na bardziej wiarygodne oszacowanie *SDR* (można uniknąć oszacowania z przewagą jakiegoś dnia lub miesiąca) oraz dostarcza dodatkowe informacje dotyczące zmienności natężeń ruchu w poszczególnych dniach tygodnia w skali miesiąca i roku. *Metody 3 i 4* są uproszczonymi wersjami *metody 2*. Ponieważ w praktyce na skutek różnych czynników nie uzyskuje się kompletu danych, przeważnie *SDR* wyznacza się wg *metody 2*. W [112] przedstawiono jak wpływa określona liczba brakujących dni na dokładność szacowania *SDR*. W procesie symulacyjnym losowo usuwano kolejno 5%, 20% i 50% danych (1000 razy dla każdej wielkości), następnie wyliczano każdorazowo *SDR* a wyznaczoną z nich wielkość średnią przyrównywano do wielkości *SDR* wyliczonej dla kompletu danych. Z analizy wynika, że nawet przy braku 50% losowo wybranych dni uzyskuje się bardzo dużą dokładność (błąd znacznie mniejszy od 1,0%). Przy braku całych okresów (tygodni, miesięcy) dokładność szacowania znacznie spada.

2.3.4. Szacowanie *SDR* z pomiarów krótkotrwałych

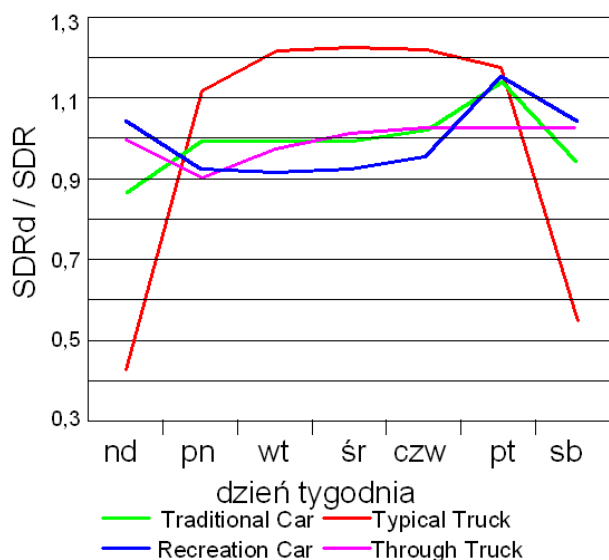
Najczęściej stosowaną metodą wyznaczania *SDR* w oparciu o krótkie okresy wrywkowych pomiarów jest tzw. metoda wskaźnikowa (rozdział 2.2.3). W literaturze krajowej [97] i zagranicznej można znaleźć prace dotyczące oceny tej metody [33, 37, 46, 49, 56, 92, 104, 113]. Wynika z nich, że nawet przy bardziej elastycznym podejściu tzn. dobieraniu liczby i rodzaju wskaźników w zależności od sytuacji (p. 2.2.3) metoda jest zbyt ogólna a wyniki jej nie są satysfakcjonujące. Głównym problemem wydaje się być:

1. zbyt ogólny podział sieci dróg na grupy wskaźników tzw. factor groups. W praktyce najskuteczniejszym sposobem grupowania jest połączenie wiedzy eksperta (na zasadzie

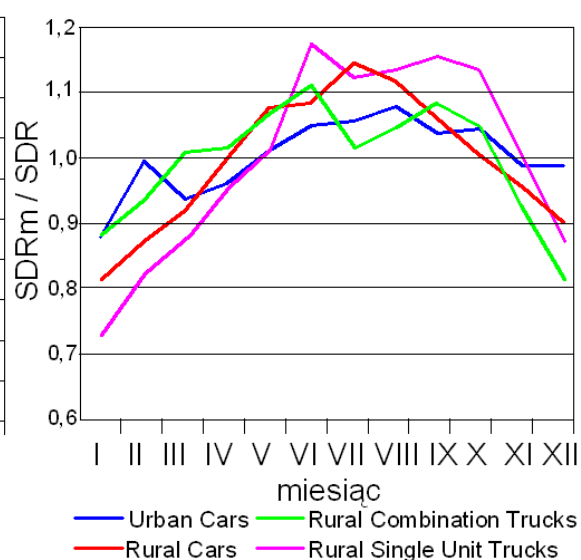
przynależności funkcjonalno/geograficznej [6, 24, 25, 74, 86, 88, 108]) z jedną z metod matematycznych (analiza skupień, analiza dyskryminacyjna, liniowa regresja wielokrotna, algorytmy genetyczne, sztuczne sieci neuronowe [1, 24, 25, 47, 50, 51, 69, 107]). Jako zmienne objaśniające zwykle używa się klasę funkcjonalną, lokalizację, charakter ruchu, liczbę pasów czy charakterystyki demograficzne i socjoekonomiczne. Podział powinien uwzględniać cel jakiemu ma służyć, dlatego też zaleca się prowadzenie dokładnych analiz zmienności ruchu w różnych okresach tzn. godziny w dobie (rys. 2.1.), dnia w tygodniu (rys. 2.2.) i miesiąca w roku (rys. 2.3.). Według danych literaturowych optymalna liczby grup dróg to od 3 do 5 o liczbie reprezentantów od 5 do 8 stanowisk,



Rys. 2.1. Profil zmienności dobowej (źródło [25])



Rys. 2.2. Profil zmienności tygodniowej (źródło [25])



Rys. 2.3. Profil zmienności sezonowej (źródło [25])

2. nie uwzględnianie w analizach struktury rodzajowej. Ze względu na znacznie różniące się profile zmienności, niedopuszczalne jest prowadzenie statystyk dla ogółu pojazdów z podaniem jedynie dla danego profilu procentowego udziału pojazdów ciężkich,
3. nie uwzględnianie w analizach struktury kierunkowej (Directional Variation) [1, 25, 53, 54, 90, 91, 93, 107]. Szczególnie ważne na drogach przenoszących ruch związany z dojazdami – do i z pracy (rano i popołudniu dominują przeciwne kierunki) oraz na drogach przenoszących ruch o charakterze rekreacyjnym (podróże najczęściej zaczynają się w czwartek w nocy a kończą w niedzielę),
4. nie wydzielenie w analizach odcinków dróg gdzie obserwuje się częste stany zatłoczenia [10, 54, 63, 70]. Charakteryzują się one specyficzną zmiennością ruchu: sezonową zależną między innymi od pogody i tzw. holiday effect (okres wakacji, świąt i dni wolnych od pracy), dobową (szczyt poranny i popołudniowy) a także tygodniową (dni tygodnia i weekend). Ponadto odcinki te wywierają silny wpływ na swoje otoczenie (zwiększona emisja zanieczyszczeń do środowiska),
5. nie uwzględnienie udziału w ruchu podróży związanych z czasem wolnym lub wakacjami [90] (szacuje się że w Niemczech stanowią one 40% wszystkich podróży). Charakteryzują się przesunięciem typowych godzin porannego i popołudniowego szczytu w dni robocze na weekendy i wieczory,
6. nie uwzględnieniem zmian wskaźników przeliczeniowych w kolejnych latach.

W 1993, w celu określenia poprawności wskaźników w poszczególnych grupach oraz w celu określenia jak długość i częstotliwość pomiarów wpływa na dokładność szacowania *SDR*, Sharma wprowadziła tzw. Index of Assignment Effectiveness - *IAE* (wzór 2.3.4) [87]. W celu zwiększenia dokładności szacowania *SDR* można stosować nowe techniki takie jak: zdjęcia lotnicze, obrazy satelitarne, satelitarne śledzenie, czy detektory umieszczone w oświetleniu drogowym [38, 39, 57]. Istnieją także inne, nowe metody, umożliwiające dokładniejsze wyznaczenie *SDR* (poprawa dokładności nawet o 5%) między innymi: liniowa regresja wielokrotna, Analiza Wariancji (*ANOVA*), Szeregi Czasowe (*TS*), Data Mining w tym Sztuczne Sieci Neuronowe (*ANN*) i Co-clustering Collaborative Filterig (*CCCF*), geostatystyczna metoda Kriginga, modele hybrydowe (*FBN*, *ARIMA – MLANN*, *GA + TDNN*) [23, 37, 47, 65, 83, 84, 85, 92, 109, 113, 124]. W dostępnej autorce literaturze nie udało się znaleźć porównania tych metod i wniosków z nich wynikających.

$$IAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I n_i (AE_i) \quad [\%] \quad (2.3.4)$$

$$AE_i = \frac{\max MSE - MSE_i}{\max MSE - \min MSE} \times 100 \quad [\%] \quad (2.3.5)$$

$$MSE_i = \frac{1}{F} \sum_{j=1}^F (f_{sj} - f_{ij})^2 \quad [-] \quad (2.3.6)$$

- gdzie: IAE – indeks skuteczności przydzielenia (Index of Assignment Effectiveness) stanowiska pomiarowego S (sample) do danego profilu zmienności sezonowej i ,
- N – liczba pomiarów w przykładowym stanowisku pomiarowym S o danej długości i częstotliwości $S(L, F)$,
- n_i – liczba przypadków w obrębie stanowiska pomiarowego S przyporządkowanych do danego profilu zmienności sezonowej i ,
- I – liczba profili zmienności sezonowej,
- AE_i – skuteczność przydzielenia (Assignment Effectiveness) stanowiska pomiarowego S do danego profilu zmienności sezonowej i ,
- MSE_i – średni błąd kwadratowy,
- f_{sj} – wskaźnik zmienności sezonowej wyznaczony dla danego stanowiska pomiarowego S dla miesiąca w roku j ,
- f_{ij} – średni wskaźnik zmienności sezonowej dla danego profilu zmienności sezonowej i dla miesiąca w roku j ,
- F – zęstotliwość (liczba) pomiarów dla danego stanowiska pomiarowego S .

2.4. Metody uzupełniania brakujących danych

W literaturze zagranicznej [18, 30, 52, 84, 89, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131] można znaleźć różne sposoby uzupełniania danych: od tych najprostszych polegających na ręcznym zastąpieniu brakujących danych danymi historycznymi lub przy wykorzystaniu prostych programów komputerowych (rozwiązania analogiczne do metody wskaźnikowej szacowania SDR na bazie pomiarów krótkotrwałych np. system *MELODIE* lub *INTENS*), do bardziej zaawansowanych technik, wykorzystujących między innymi: modele Boxa-Jenkinsa (*ARIMA*, *SARIMA*), sztuczne sieci neuronowe (z opóźnieniem czasowym *TDNN*), algorytmy genetyczne (*GAs*), lokalnie ważoną regresję (*LWR*), sieci wektorów podtrzymujących (*SVR*, *LS - SVMs*) oraz modele hybrydowe (algorytmy genetyczne wspomagające sieci neuronowe *GA - TDNN*). Nie prowadzi się jednak badań określających skuteczność tych metod. Trudno znaleźć w literaturze statystyczne opracowania dotyczące chociażby ich dokładności oraz wpływu na określane na ich podstawie wielkości (między innymi SDR). Z nielicznych opracowań [89, 131] wynika, że chociaż najlepszą dokładność dają modele hybrydowe nie ma jednak potrzeby stosowania tak skomplikowanej metody ponieważ porównywalną dokładność uzyskuje się stosując modele Boxa-Jenkinsa (*ARIMA*, *SARIMA*). Zawsze podczas uzupełniania danych należy zachować tzw. zasady Truth-in-data czyli wyraźnie wskazać miejsca ingerencji oraz wyznaczyć wskaźnik kompletności C (wzór 2.3.2). Ponadto każdorazowo powinno się określić próg „kompletności” poniżej, którego uzupełnione dane nie byłyby wykorzystywane do opracowań statystycznych. Próg ten powinien być określany w oparciu o doświadczenie i empiryczne badania ruchu. Dodatkowo zwraca się uwagę [18] na

związek pomiędzy wielkością ruchu a: warunkami pogodowymi (szczególnie widoczne w okresie weekendu) oraz dniami wolnymi od pracy, letnim i zimowym okresem (szczególnie drogi przenoszące ruch rekreacyjny), wpływ ten należy uwzględnić podczas uzupełniania danych. Analizy na całej sieci dróg powinno się prowadzić w podziale na grupy analogiczne do grup wskaźnikowych.

2.5. Sposoby określania natężeń stosowanych do wymiarowania dróg oraz oceny oddziaływań ruchu na otoczenie

Podstawą wielu planistycznych, projektowych i eksploatacyjnych celów doraźnych i długofalowych jest natężenie ruchu, przyjmowane jako miara obciążenia analizowanych elementów układu komunikacyjnego. Najczęściej jest to natężenie w ustalonej godzinie lub w dobie przy czym obie te wielkości mogą odnosić się albo do roku w którym wykonywany był pomiar albo do roku prognozy – okresu analizy [120]. Prognozę ruchu na zamiejskiej sieci dróg krajowych w zależności od klasy drogi wykonuje się metodą modelowania lub metodą uproszczoną (metoda trendu lub wskaźników wzrostu - ekstrapolacyjna) [8, 9, 44, 98]. Do roku 2005 powszechnym sposobem prognozowania ruchu była metoda analizy trendów [133] zmian w czasie pomierzonych natężeń. Jednakże metoda ta, może być stosowana tylko dla istniejącej sieci dróg krajowych, przy założeniu, że do roku 2020 nie zajdą na niej żadne zmiany oraz nie wystąpią inne czynniki mogące mieć wpływ na zmiany zachowań komunikacyjnych. Ponieważ po *GPR* 2005 okazało się że zmiany te jednak następują, zaprzestano wykonywać prognozy ruchu tą metodą. Obecnie stosuje się metody modelowania ruchu, które uwzględniają dynamiczne zmiany na sieci dróg, starają się przewidzieć zachowania komunikacyjne, przewidują rozwój gospodarczy regionów, uwzględniają przenoszenie się ruchu na drogi alternatywne itp. Do tego typu analiz wykorzystuje się oprogramowanie komputerowe np. *Emme* (2 / 3), *CONTRAM*, *Saturn*, *CUBE*, *VISUM*, *VISSIM* i *Paramics*. Ponieważ cały proces modelowania ruchu stanowi odrębny obszerny problem w dalszej części pracy skupiono się na charakterystyce zmienności ruchu oraz na wyznaczeniu wartości *SDR* i natężenia miarodajnego (Q_m) w roku pomiaru. Q_m stanowi podstawę do określania przyszłego natężenia miarodajnego w roku prognozy (Q_{mp}). Może być też traktowane jako tzw. prognoza zerowa do kalibracji modelu prognozowania oraz ważna charakterystyka ruchu do bieżących analiz eksploatacyjnych.

2.5.1 Odcinki drogowe i skrzyżowania

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi w kraju zaleceniami, jako Q_m do projektowania i oceny warunków ruchu głównie na drogach zamiejskich, przyjmuje się 50 (ewentualnie 30, 100 lub 150) wartość z największych godzinowych natężeń w roku dla dróg o wyróżnionym charakterze ruchu (gospodarczy, rekreacyjny, turystyczny). Projektowanie według maksymalnych (w ciągu roku) natężeń ruchu byłoby ekonomicznie nieuzasadnione

i prowadziłyby do dużych rezerw. Opracowanie Ruch Drogowy [79, 80, 81] podaje dla sieci dróg krajowych w Polsce odpowiedni udział 30, 50, 100 i 150 godziny w *SDR*, w zależności od charakteru ruchu i od wielkości *SDR*.

W procesie projektowym należy tak dobrać typ drogi/skrzyżowania, rodzaj przekroju poprzecznego oraz pochylnie podłużne aby (dla zadanego Q_{mp}) zapewnić odpowiednie warunki ruchu [119]. W praktycznych metodach obliczeniowych wprowadza się klasyfikację warunków ruchu za pomocą poziomów swobody ruchu - *PSR* (Level-of-service *LOS*) będących ich jakościową miarą, uwzględniającą oceny kierujących pojazdami i innych użytkowników dróg [28, 35, 36, 58, 59]. Na projektowanym odcinku drogi w zależności od jej klasy (*GP, G, Z*), zaleca się projektowanie na *PSR C* i *D*. W przypadku skrzyżowań zaleca się tak projektować, aby warunki ruchu na wlotach, nie były gorsze niż odpowiadające: *PSR II* i *III*, a wyjątkowo *PSR IV* z dodatkowymi ograniczeniami.

W Stanach Zjednoczonych za natężenie miarodajne (design hourly volume *DHV*) od 1941 uznaje się natężenie 30 godziny w roku (Peabody, Norman). Określa się je analogicznie jak w Polsce poprzez związek *SDR* i 30h. Jednak w pracach poświęconych temu zagadnieniu [11, 53, 91] wskazuje się, że metoda ta jest bardzo niedokładna i ma liczne ograniczenia. Główny problem polega na tym, że zależność pomiędzy *SDR* i 30h zmienia się z roku na rok (*SDR* rośnie a udział 30 godziny w *SDR* maleje) oraz że analizy prowadzi się w przekroju drogi a nie w rozróżnieniu na kierunki ruchu (struktura kierunkowa uwzględniona jedynie poprzez wskaźnik rozkładu ruchu *D* - directional split). Struktura kierunkowa jest zmienna w różnych godzinach dnia w godzinach szczytu, w kolejnych dniach, miesiącach, na różnych typach dróg generalnie rozkład kierunkowy nie jest stały, nawet w ciągu godzin o największym natężeniu ruchu w roku. Konieczne jest zatem (szczególnie w przypadku dróg wielopasowych) wprowadzenie tzw. kierunkowego natężenia miarodajnego (directional design hourly volume *DDHV*). Jako alternatywne, bardziej zaawansowane sposoby określania *DHV* stosuje się między innymi: model sztucznych sieci neuronowych - gdzie *DHV* wyznaczone jest na bazie *SDR*, liczby pasów ruchu oraz klasy funkcjonalnej drogi [29] czy model wykorzystujący algorytmy genetyczne - w którym *DHV* wyznaczone jest w oparciu o dni wolne od pracy oraz różne typy dróg [53]. Przyjmuje się także jako *DHV* godzinowe, szczytowe natężenie ruchu wyznaczone w tzw. projektowym dniu, projektowych miesiący w roku [11] (projektowe miesiące i dzień oznaczają te, w których średni dzienny udział największych godzinowych natężeń w danym miesiącu lub w przypadku dnia miesiący, w *SDR* jest największy).

W Niemczech obecnie prowadzi się prace nad udoskonaleniem metody wyznaczania godzinowego natężenia miarodajnego do oceny warunków ruchu (*MSV*), w powiązaniu z *n* - tą największą godziną w roku (dyskusja obejmuje także słuszność arbitralnie przyjętej za miarodajną 30 godzinę w roku) [3, 45]. Zwraca się uwagę, że ze względu na ograniczoną ilość stacji pomiaru ciągłego *MSV* należy wyznaczać przy wykorzystaniu modeli regresyjnych, w oparciu o pomiary krótkoterminowe manualne (maksymalne godziny

z badanego okresu tj. dzień roboczy poniedziałek – czwartek w godzinach 6:00-8:00 i 15:00-18:00; piątek w godzinach 12:00-19:00; sobota i niedziela w godzinach 9:00-19:00). Zaleca się aby w analizach uwzględniać okres w którym występują największe natężenia w roku tj. w dniach roboczych tygodnia (zrównoważone szczyty w dniach poniedziałek – piątek lub gwałtowny wzrost natężeń ruchu w piątek popołudniu) lub w okresie wolnym od pracy (wakacje, urlopy, niedziele). Ponadto w analizach należy uwzględnić strukturę kierunkową (wzrost współczynnika determinacji z 40 do 71% dla modelu z uwzględnieniem kierunków ruchu) oraz grup rodzajowych, w podziale na ogół pojazdów i pojazdy ciężkie (ze względu na dużą losowość przynależności pojazdów ciężkich w sąsiednich godzinach należy brać pod uwagę średnią z 5 godzin występujących przed i po wybranej miarodajnej godzinie np. dla 30 godziny w roku z godzin od 25 do 35). Wskazuje się także, że najlepszą dokładność szacowania natężenia miarodajnego uzyskuje się na bazie danych pochodzących z tygodni w miesiącach IV – X (szczególnie z VII i VIII) z pominięciem tygodni z ekstremalnie dużym natężeniem ruchu wynikającym np. z imprez sportowych, rozpoczęcia wakacji, festiwali, wyprzedaży itd.

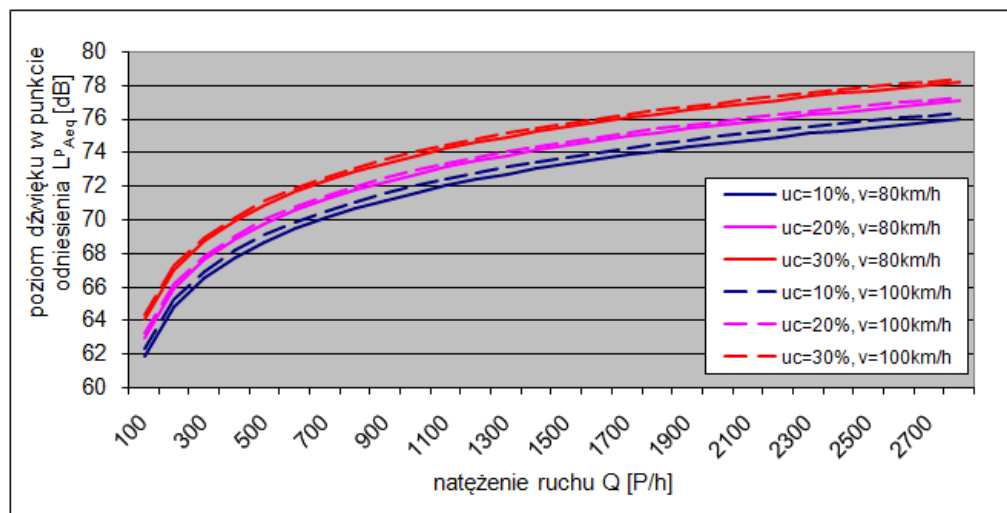
2.5.2 Konstrukcja nawierzchni drogowej

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi w kraju zaleceniami, jako natężenie miarodajne do projektowania konstrukcji nawierzchni drogi przyjmuje się średni dobowy ruch w roku (SDR_p), prognozowany dla połowy okresu eksploatacji, w podziale na trzy grupy pojazdów (samochody ciężarowe z – i bez przyczep oraz autobusy) [42, 78]. Pozostałe kategorie pojazdów ze względu na małą masę całkowitą (ciężar całkowity mniejszy niż 35 kN) są pomijane. Na podstawie prognozowanego ruchu wyznacza się liczbę osi obliczeniowych 100 kN na dobę na obliczeniowy pas ruchu, która stanowi podstawę do ustalenia kategorii ruchu na drodze wg Dziennika Ustaw Nr 43 z dnia 14.05.1999 r. Należy wspomnieć że współczynniki stosowane do przeliczenia osi rzeczywistej na oś obliczeniową, obowiązujące obecnie, powstały około 30 lat temu [64, 110] i nie uwzględniają liczby osi (w jednej grupie znajdują się zarówno samochody ciężarowe dwu-, trzy- i więcej osiowe). W ciągu lat zmieniły się istotne parametry eksploatowanych pojazdów, w szczególności nacisk na oś, stąd uzasadnione wątpliwości co do przydatności tych współczynników do wyznaczania rzeczywistego obciążenia ruchem. Ponadto nigdy nie opublikowano podstawy ich wyznaczania. Wstępne wyniki analiz, prowadzone w celu aktualizacji katalogu na Politechnice Gdańskiej, wskazują że wartość współczynników zależy od rodzaju drogi i jej obciążenia, a średnia ich wartość znacznie odbiega od tych podanych w katalogu (nawet dwukrotna różnica) [41, 82]. Inne sposoby wyznaczania liczby osi obliczeniowych to między innymi: metoda „sylwetek rzeczywistych” [102] oraz przy wykorzystaniu programów komputerowych np. firmy Shell. Ponadto w projektowaniu konstrukcji nawierzchni drogi przyjmuje się zgodnie z Dziennikiem Ustaw Nr 43, że rozkład ruchu na poszczególne okresy

w roku wynosi 20% dla okresu zimy, 50% dla okresu wiosny i jesieni oraz 30% dla okresu lata. Jednakże wstępne analizy przeprowadzone dla roku 2010 wskazują, że udziały te są różne w zależności od charakteru przenoszonego ruchu oraz od struktury rodzajowej (brak różnic ze względu na strukturę kierunkową). Tak też dla ogółu pojazdów uzyskano dodatkowo dla dróg charakteryzujących się znacznymi sezonowymi wahaniami ruchu rozkład ruchu wynoszący: 18% dla okresu zimy, 46% dla okresu wiosny i jesieni, 36% dla okresu lata. Natomiast w przypadku pojazdów ciężkich odwrotnie, tzn. dla dróg charakteryzujących się znacznymi sezonowymi wahaniami ruchu udziały takie jak zalecane natomiast dla pozostałych: 19% dla okresu zimy, 53% dla okresu wiosny i jesieni, 28% dla okresu lata.

2.5.3 Poziom hałas drogowego

Decydujący wpływ na poziom hałasu ma natężenie ruchu (spadek natężenia ruchu o 20% powoduje zmniejszenie poziomu hałasu o 1 dB), udział pojazdów ciężkich (zwiększenie udziału pojazdów ciężarowych o 20% powoduje wzrost poziomu hałasu o 6 dB), średnia prędkość potoku pojazdów (wzrost przeciętnej wartości prędkości samochodów osobowych z 80 na 120 km/h powoduje wzrost poziomu hałasu o 7 dB), rodzaju i stanu nawierzchni (nawierzchnie wykonane z kostki oraz bruku powodują zwiększenie poziomu hałasu o odpowiednio 3 i 5 dB) oraz w mniejszym stopniu pochylenie podłużne podczas jazdy pod górę [111]. W analizach uciążliwości hałasu drogowego do określania jego poziomu u źródła L^p_{Aeq} , jako Q_m przyjmuje się średnie natężenie godzinowe w zdefiniowanych dwóch okresach w ciągu doby (pora dzienna w godzinach 6:00-22:00 oraz nocna 22:00-6:00) lub trzech okresach; w ciągu dnia (w godzinach 6:00-18:00), wieczora (18:00-22:00) oraz nocy (22:00-6:00). Niestety rozporządzenie [75, 76] nie podaje żadnych wskaźników przeliczeniowych umożliwiających jego wyznaczenie, chociażby w odniesieniu do *SDR*. Brak też wskazań dla jakich warunków ruchowych (natężenie, prędkość, natężenie ruchu ciężkiego) należy wykonywać obliczenia, jak również pomiary poziomu hałasu. Wprawdzie od 2010 r. opracowanie Ruch Drogowy [81] podaje rozkład ruchu w ciągu doby (dzień/wieczór/noc) w tym w odniesieniu do poszczególnych kategorii pojazdów, w zależności od funkcji i klasy technicznej drogi jednak wstępne wyniki analiz wykazały że podział ten jest niewystarczający (średnio rzeczywista wartość L_{DWN} uzyskana dla 13 odcinków dróg klasy *GP* w 2010 r., różni się o około 14% co odpowiada 12 dB od wartości szacowanej na podstawie [81]). Także określone w opracowaniu [105] udziały godzinowych natężeń w poszczególnych okresach mają ograniczone zastosowanie ze względu na to, że odnoszą się tylko do dróg o $SDR > 16400$ P/d. Na rysunku 2.4 przedstawiono graficzną ilustrację wpływu poszczególnych czynników ruchowych na poziom dźwięku (w punkcie odniesienia tj. w odległości $d = 10$ m od krawędzi jezdni i na wysokości $H = 1,20$ m), na podstawie metody Radosza [72].



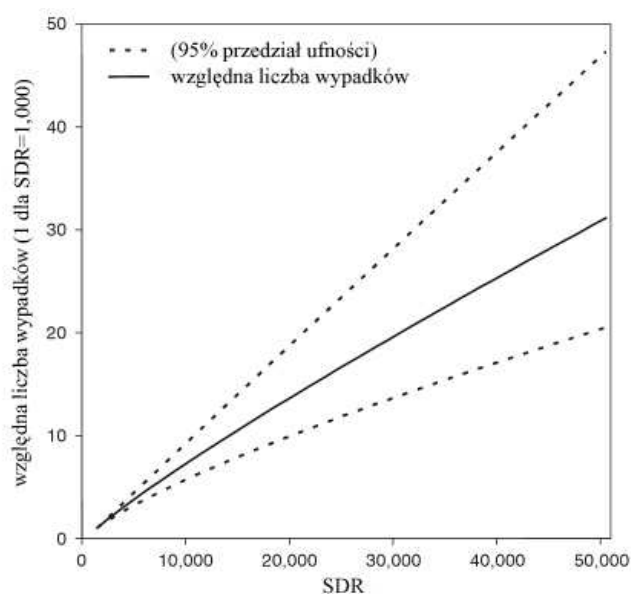
Rys. 2.4. Poziom hałasu w punkcie odniesienia w zależności od natężenia ruchu (Q), udziału pojazdów ciężkich (u_c) oraz prędkości potoku ruchu (v) (źródło [72])

2.5.4 Analiza wypadkowości

W ocenie stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego jako Q_m przyjmuje się średnie dobowe natężenie ruchu w roku (SDR). W zależności od przypadku odnosi się ono do ruchu na odcinku drogi (ciągłe dróg, sieci) oraz do potoków poprzecznych (skrzyżowania, przejścia dla pieszych). W przypadku wskaźników wypadkowości (mikrowskaźników), dla skrzyżowań (ze względu na zależność liczby wypadków od proporcji natężeń na wlotach podporządkowanych i na drodze głównej) często za SDR przyjmuje się średnią geometryczną z natężeń dopływających na drodze głównej i podporządkowanej. Na rysunku 2.5 przedstawiono graficzną ilustrację podstawowej zależności pomiędzy natężeniem ruchu a liczbą wypadków (przyjmuje się w uproszczeniu, że wzrost natężenia o 10% powoduje wzrost liczby wypadków średnio o 8,8%) [22]. Obok natężenia ruchu uwzględnia się także kategorię wypadku i długości elementów sieci drogowej [5, 20, 28].

W literaturze można znaleźć także wiele modeli prognozowania wypadków, które ujmują zagadnienie zagrożenia w ruchu drogowym w sposób komplementarny (np. krajowy regresyjny model wypadków dla przejść przez miejscowości [26] oraz model opracowany w Stanach Zjednoczonych [5]). W takim przypadku obok SDR uwzględnia się szereg dodatkowych czynników między innymi: liczbę skrzyżowań i długość przejazdu przez miejscowość, stopień niebezpieczeństwa wynikający ze stanu poboczy, wpływ występowania lub nie wydzielonego pasa w prawo na drodze nadrzędnej, liczby wjazdów na drodze, kąt przecięcia się dróg czy wpływ wybranej i -tej cechy geometrycznej drogi na wypadki (szerokość jezdni i poboczy, rodzaj poboczy, długość krzywych i promienie łuków w planie, kąty przecięcia się wlotów na skrzyżowaniu, odległość pomiędzy skrzyżowaniami z sygnalizacją świetlną). Ponadto coraz częściej obok bezpośrednich miar oceny bezpieczeństwa ruchu (wskaźniki wypadkowe) poszukuje się miar pośrednich, których estymacja byłaby łatwiejsza i możliwa do wykonania w krótkim czasie [27]. W metodach

tych, poprzez ilościowe oszacowania parametrów ruchu takich jak: prędkość, odstęp pomiędzy pojazdami, odległość do krawędzi drogi itp. pośrednio wnioskuje się o zagrożeniach bezpieczeństwa ruchu.



Rys. 2.5. Zależność pomiędzy natężeniem ruchu (SDR) a liczbą wypadków (źródło [22])

2.6. Metody badań

2.6.1. Szeregi czasowe

Jedną z metod wykorzystywanych do analiz danych ruchowych jest metoda szeregów czasowych [30, 65, 84, 89, 125, 126, 127, 130, 131, 132]. Znajduje ona zastosowanie zarówno do opisu wahań natężeń ruchu drogowego (współczynniki przeliczeniowe do szacowania natężeń ruchu) jak i do prognozowania ich przebiegu w przyszłości (uzupełnianie brakujących danych). W praktyce, szereg czasowy, będący jedną z wielu możliwych realizacji dyskretnego procesu stochastycznego, tworzą wartości natężeń ruchu, zsumowane dla przedziałów czasu o jednakowej długości (godzina, doba, miesiąc, rok) i uporządkowane chronologicznie. Zwykle można wyróżnić następujące składowe szeregu [43, 123]: systematyczne (trend - T , cykl długookresowy - C , wahania sezonowe - S , wahania krótkookresowe - K , wyjątkowe zdarzenia - I) oraz losowe - ε (szum, zakłócenia). W zależności od sposobu połączeń elementów składowych wyróżniamy model addytywny i multiplikatywny. Model addytywny szeregu czasowego Y , ma następującą postać:

$$Y = M + T + C + S + K + I + \varepsilon \quad (2.6.1)$$

gdzie M oznacza stały przeciętny poziom realizacji procesu stochastycznego.

Większość technik analizy szeregów czasowych wiąże się z pewnymi formami filtrowania szumu w celu uwidocznienia składnika systematycznego. Proces wyodrębniania

poszczególnych składowych szeregu czasowego nazywa się dekompozycją szeregu czasowego. Do opisu i pomiaru trendu możemy stosować dwie metody:

1. mechaniczną – eliminacja wszystkich składników poza trendem (uśrednianie danych, tak że niesystematyczne składniki poszczególnych obserwacji znoszą się nawzajem). Najczęściej stosowane techniki wygładzania to: średnia ruchoma zwykła (dla nieparzystej liczby wyrazów szeregu – wzór 2.6.2), centrowana (dla parzystej liczby wyrazów – wzór 2.6.3) lub ważona (wzór 2.6.4), mediana ruchoma oraz filtr 4253H (kilkakrotne wygładzanie średnią lub medianą ruchomą),

$$\bar{y}_{t(k)} = \frac{1}{k} (y_{t-k^*} + \dots + y_{t-1} + y_t + y_{t+1} + \dots + y_{t+k^*}) \quad (2.6.2)$$

$$\bar{y}_{t(k)} = \frac{1}{k} \left(\frac{1}{2} y_{t-k^*} + y_{t-k^*+1} + \dots + y_{t-1} + y_t + y_{t+1} + \dots + y_{t+k^*-1} + \frac{1}{2} y_{t+k^*} \right) \quad (2.6.3)$$

$$\bar{y}_{t(k)} = \frac{1}{k} \sum_{i=-k^*}^{k^*} w_i y_{t+i} \quad (2.6.4)$$

gdzie: $\bar{y}_{t(k)}$ – wartość k -wyrazowej średniej ruchomej w punkcie czasowym t ,

t – zmienna czasowa, k – „długość” średniej ruchomej (liczba naturalna),

$k^* = \text{ent} \left[\frac{k}{2} \right]$ – z liczby $\frac{k}{2}$, y_t – realizacje szeregu czasowego, w_i – wagi.

2. analityczną – wyznaczenie równania matematycznego wyrażającego postać funkcji trendu (funkcja liniowa, potęgowa, wykładnicza, wielomianowa, logarytmiczna).

Po oszacowaniu trendu należy go wyeliminować z szeregu oryginalnego (w zależności od modelu poprzez odjęcie lub podzielenie). W przypadku wahań sezonowych (w tym wahania krótkookresowe i długookresowe, addytywne lub multiplikatywne) ogólny schemat analizy przedstawia się następująco:

1. wykreślenie badanego szeregu oraz określenie składowej okresowej (dla natężeń godzinowych: okres $T_1 = 24$ godziny, $T_2 = 168$ godzin; dla natężeń dobowych: okres $T_3 = 7$ dni; dla natężeń miesięcznych $T_4 = 12$ miesięcy),
2. oszacowanie trendu za pomocą centrowanej średniej ruchomej o „długości” ustalonej na podstawie obserwacji realizowanych w kroku pierwszym (odpowiednio $k_1 = 24$, $k_2 = 168$, $k_3 = 7$ i $k_4 = 12$). W ten sposób uzyskuje się ciąg złożony z trendu i cyklu (uśrednienie eliminuje z ciągu składowe okresowe i losowe),
3. eliminacja trendu – przy modelu addytywnym od wartości szeregu odejmujemy wartość średniej ruchomej, otrzymując różnice, zaś dla modelu multiplikatywnego będzie to operacja dzielenia i wynik mnożymy przez 100, otrzymując stosunki procentowe. W ten sposób uzyskuje się składową okresową i losową,
4. obliczenie surowych miar sezonowości (oddzielenie składowej okresowej) – przy wahań addytywnych są to składniki sezonowości obliczone jako średnie arytmetyczne

z różnic dla jednoimiennych jednostek czasu (np. surowy składnik sezonowości dla stycznia otrzymujemy jako średnią arytmetyczną ze wszystkich różnic styczniowych). Przy wahaniach multiplikatywnych są to wskaźniki sezonowości obliczone jako średnie geometryczne lub tzw. średnie środkowe ze stosunków procentowych dla jednoimiennych jednostek czasu. Średnia środkowa to średnia arytmetyczna obliczona po odrzuceniu najmniejszej i największej obserwacji,

5. korekta miar sezonowości – przy wahaniach addytywnych od wszystkich surowych składników sezonowości odejmuje się ich średnią (po tym zabiegu średnia składników sezonowości wynosi 0). Przy wahaniach multiplikatywnych wszystkie surowe wskaźniki sezonowości dzieli się przez ich średnią i mnoży przez 100. Dzięki tej transformacji średnia skorygowanych wskaźników sezonowości wynosi 100,
6. ilustracja graficzna i interpretacja.

Multiplikatywna metoda wskaźników sezonowych oraz metoda Wintersa [123] została z powodzeniem zastosowana do wyznaczania wskaźników zmienności sezonowej, tygodniowej i dobowej w obszarach miejskich [65]. W niniejszej pracy zastosowano metodę *Census 1*. Metoda ta stanowi uzupełnienie i rozwinięcie dotychczasowych badań. Dekompozycję szeregów czasowych wykonano przy wykorzystaniu programu *STATISTICA*.

W praktyce dekompozycję szeregu czasowego na poszczególne składowe przeprowadza się budując modele szeregu czasowego. W zależności od przyjętych założeń co do wpływu poszczególnych składowych i ich wzajemnych relacji oraz sposobu określania parametrów, modele te mogą mieć różną postać. Do uzupełniania brakujących danych zastosowano sezonowy model *SARIMA* (uogólnienie i rozwinięcie modelu *ARIMA*, w którym prawidłowości powtarzają się sezonowo w czasie). Charakteryzuje się on związkiem funkcyjnym między wartościami zmiennej prognozowanej w okresie t a wartościami tej samej zmiennej z okresów poprzednich $t - 1, t - 2, \dots, t - p$ z dokładnością do składnika losowego. Obszerny opis tej metody zawiera praca [7]. Budowa modeli *ARIMA* (Autoregressive Integrated Moving Average) i *SARIMA* (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) oparta jest o metody autoregresji oraz średniej ruchomej.

Proces autoregresji [96, 125] rzędu p , oznaczony w skrócie $AR(p)$ ma następującą postać:

$$\tilde{z}_t = \varphi_1 \times \tilde{z}_{t-1} + \varphi_2 \times \tilde{z}_{t-2} + \dots + \varphi_p \times \tilde{z}_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.6.5)$$

gdzie: $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ – parametry procesu, ε_t – zakłócenie losowe (zmienna losowa o rozkładzie normalnym $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$), p – wielkość opóźnienia. W procesie tym bieżące wartości są sumą skończonej kombinacji liniowej poprzednich wartości tego szeregu oraz zakłócenia losowego (zmienna losowa \tilde{z}_t objaśniana jest za pomocą regresji ze względu na swoją przeszłą wartość).

Proces średniej ruchomej rzędu q , oznaczony w skrócie $MA(q)$ ma następującą postać:

$$\tilde{z}_t = \varepsilon_t - \theta_1 \times \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \times \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \times \varepsilon_{t-q} \quad (2.6.6)$$

gdzie: $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ – zakłócenia losowe w okresach $t, t - 1, \dots, t - q$ (zmiennie losowe o rozkładzie normalnym $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$), $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ – parametry modelu, q – wielkość opóźnienia.

Niezależnie od procesu autoregresyjnego, każdy element szeregu może pozostawać pod wpływem realizacji składnika losowego w okresach przeszłych, który to wpływ nie może być wyjaśniony przez składnik autoregresyjny. Każda obserwacja składa się ze składnika losowego oraz kombinacji liniowej składników losowych z przeszłości. Modele *ARIMA* i *SARIMA* mogą być stosowane do modelowania i prognozowania szeregów stacjonarnych (stała w czasie średnia, wariancja i autokorelacja) lub do szeregów niestacjonarnych, które można sprowadzić do stacjonarnych w wyniku operacji różnicowania (d - krotne obliczanie różnic sąsiednich wyrazów szeregu) i przekształceń logarytmicznych (w celu ustabilizowania wariancji). Wszystkie te przedstawione procesy można zapisać przy użyciu uniwersalnej notacji *ARIMA*(p, d, q) gdzie p – oznacza rząd autoregresji, d - rząd operatora różnicy (krotność różnicowania) a q – wielkość opóźnienia średniej ruchomej. W przypadku sezonowych modeli *SARIMA*(p, d, q)(P, D, Q) $_s$ oprócz parametrów niesezonowych (p, d, q) należy oszacować parametry sezonowe czyli: autoregresyjne P , różnicowe D oraz średniej ruchomej Q dla określonego opóźnienia (s). W procesie konstruowania odpowiedniego modelu wyróżniamy następujące etapy:

- identyfikację – wybiera się wstępnie model określając p, d, q, P, D, Q, s w oparciu o analizę danych oraz doświadczenie. Podstawowym narzędziem wykorzystywanym w fazie identyfikacji są wykresy szeregów, korelogramy autokorelacji (*ACF*) i autokorelacji cząstkowej (*PACF*),
- estymację – oblicza się wartość ocen parametrów wstępnie wybranego modelu. Ogólnie, w fazie estymacji parametrów wykorzystuje się algorytm minimalizacji funkcji (zminimalizowanie sumy kwadratów reszt) w celu maksymalizacji wiarygodności otrzymania obserwowanego szeregu, przy danych wartościach parametrów,
- weryfikację – na bazie odpowiednich testów statystycznych oraz oceny jakości prognoz sprawdza się czy model spełnia sformułowane wymagania. Kontrola poprawności polega na: wykreśleniu reszt i poszukiwaniu trendów systematycznych oraz na badaniu autokorelogramu reszt (nie powinna wystąpić żadna autokorelacja). Jeżeli model przejdzie testy pomyślnie to jest gotowy do użycia (do prognozy), a jeżeli nie to należy powtórzyć procedurę.

W celu oceny zastosowanego modelu dokonuje się porównania wartości teoretycznych z wartościami empirycznymi. W tym celu oblicza się wskaźniki oceny modelu (miary dokładności dopasowania szeregu wygładzonego do szeregu oryginalnego). Podstawowe wskaźniki oceny modelu to:

- Średni błąd (*ME* – Mean Error):

$$ME = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t) \quad (2.6.7)$$

- Średni błąd bezwzględny (*MAE* – Mean Absolute Error):

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |(y_t - \hat{y}_t)| \quad (2.6.8)$$

- Średni błąd procentowy (*MPE* – Mean Percentage Error):

$$MPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right) \times 100\% \quad (2.6.9)$$

- Średni bezwzględny błąd procentowy (*MAPE* – Mean Absolute Percentage Error):

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left| \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right) \times 100\% \right| \quad (2.6.10)$$

- Błąd średniokwadratowy (*MSE* – Mean Squared Error):

$$MSE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (2.6.11)$$

Więcej informacji na temat teorii szeregów czasowych można znaleźć w [7, 21, 43, 95, 123].

2.6.2. Sztuczne sieci neuronowe

W analizach danych ruchowych bardzo często wykorzystuje się obok teorii szeregów czasowych także modele sztucznych sieci neuronowych *SSN* (ang. *ANN* – Artificial Neural Network) [37, 52, 89, 126, 127, 128, 129, 131]. W niniejszej pracy zastosowano je do szacowania *SDR* oraz *Q_m*. Sieć neuronowa składa się z dużej liczby elementów przetwarzających informacje tzw. neuronów, powiązanych w sieć za pomocą połączeń o parametrach (tak zwanych wagach) modyfikowanych w trakcie procesu uczenia [103]. Topologia połączeń oraz ich parametry stanowią program działania sieci, zaś sygnały pojawiające się na ich wyjściach w odpowiedzi na określone sygnały wejściowe są rozwiązaniami stawianych jej zadań. Większość budowanych i wykorzystywanych sieci neuronowych ma budowę warstwową, przy czym ze względu na dostępność w trakcie procesu uczenia wyróżnia się trzy warstwy: wejściową, wyjściową oraz ukrytą. *SSN* charakteryzuje się występowaniem wielu wejść i jednego wyjścia. Ze względu na sposób połączeń neuronów między sobą i ich wzajemnego współdziałania (architektura sieci) wyróżniamy trzy główne typy *SSN* [67]: jednokierunkowe (feedforward networks), rekurencyjne i komórkowe. W pracy zastosowano sieci jednokierunkowe, wielowarstwowe

(MLP). Sieć tego typu nosi nazwę perceptronu wielowarstwowego, a jej idea zaproponowana przez Franka Rosenblatta jest zawarta w następujących zasadach:

1. elementem składowym perceptronu jest sztuczny neuron, którego model matematyczny może być opisany funkcją aktywacji unipolarną

$$y = 1(\varphi) = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } \varphi > 0, \\ 0, & \text{jeżeli } \varphi \leq 0, \end{cases} \quad 2.6.12$$

lub bipolarną

$$y = \text{sgn}(\varphi) = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } \varphi > 0, \\ -1, & \text{jeżeli } \varphi \leq 0, \end{cases} \quad 2.6.13$$

$$\text{gdzie: } \varphi = \sum_{i=1}^m w_i u_i - \theta \quad 2.6.14$$

w_i oznacza wagę i - tego połączenia wstępującego do elementu,

u_i - wartość i - tego wejścia, θ - wartość progową funkcji aktywacji.

Wyróżniamy różne typy funkcji aktywacji, w tym funkcję liniową, wielomianową, radialną oraz sigmoidalną.

2. sieć perceptronowi można podzielić jednoznacznie na ściśle uporządkowane i rozłączne klasy elementów, zwanych warstwami, tj. wejściową, wyjściową oraz co najmniej jedną ukrytą.
3. perceptron nie zawiera połączeń pomiędzy elementami należącymi do tej samej warstwy.
4. połączenia pomiędzy warstwami są asymetryczne i skierowane zgodnie z ich uporządkowaniem, tzn. od warstwy wejściowej do pierwszej warstwy ukrytej, następnie od pierwszej do drugiej warstwy ukrytej, itd. Aż do warstwy wyjściowej. Nie ma połączeń zwrotnych.

W sieciach wielowarstwowym najistotniejszym problemem jest dobór wag. Jednym z najskuteczniejszych algorytmów uczenia takich sieci jest algorytm propagacji wstecznej (backpropagation). Podstawę algorytmu uczenia [68] stanowi funkcja celu, definiowana zwykle jako suma kwadratów różnic między aktualnymi wartościami sygnałów wyjściowych sieci a wartościami zadanymi. Jego nazwa pochodzi od sposobu obliczania błędów w poszczególnych warstwach sieci [4]. Najpierw obliczane są błędy w warstwie ostatniej na podstawie porównania aktualnych i wzorcowych sygnałów wyjściowych i na tej podstawie dokonywane są zmiany wg połączeń, następnie w warstwie ją poprzedzającej i tak dalej aż do warstwy wejściowej. Ucząc sieć neuronową dążymy do jej generalizacji czyli umiejętności uogólniania nabytej wiedzy na obce, choć podobne problemy. Odpowiednio przygotowana sieć powinna mieć także zdolność predykcji, czyli przewidywania określonych danych wyjściowych na bazie danych wejściowych. W pracy do budowy neuronowego modelu

regresyjnego (jednokierunkowa sieć wielowarstwowa *MLP* z jedną warstwą ukrytą z liniową lub logistyczną funkcją aktywacji) wykorzystano automatycznego projektanta sieci programu Statistica. Umożliwia on automatyczny dobór sposobu uczenia sieci, liczby zmiennych niezależnych na wejściu i wyjściu sieci, liczebności neuronów w poszczególnych warstwach sieci oraz losowy podział danych na zbiór uczący (50%), walidacyjny (25%) i testowy (25%). Jako kryterium wyboru zachowywanych sieci przyjęto najmniejszy błąd dla zbioru walidacyjnego. Do oceny modelu regresyjnego *SSN* zastosowano następujące mierniki [55]:

- iloraz odchyłeń – iloraz odchylenia standardowego błędów i odchylenia standardowego wartości zmiennej objaśnianej,
- korelacja – współczynnik korelacji Pearsona liczony pomiędzy rzeczywistymi i obliczonymi przez model wartościami zmiennej objaśnianej.

2.6.3. Regresja wieloraka

Poza teorią szeregów czasowych oraz modeli sztucznych sieci neuronowych do analiz danych ruchowych można także wykorzystać modele regresyjne [23, 37, 47, 52, 83, 126, 127, 128, 129]. Do szacowania *SDR* oraz Q_m zastosowano w dalszych analizach w niniejszej pracy model wielorakiej regresji liniowej, w którym parametry wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów [34]. W celu redukcji liczby zmiennych objaśniających (z reguły pierwotnie przyjmuje się je z pewną nadmiarowością) wykorzystano procedurę regresji krokowej zstępującej programu STATISTICA. Jako wartość graniczną poziomu istotności przyjęto $p \leq 0,05$, a jako miarę korelacji pomiędzy zmiennymi wykorzystano współczynnik korelacji tzw. współczynnik *R Spearmana* r_s (umożliwia ocenę zależności zarówno między cechami ilościowymi jak i jakościowymi). Po zredukowaniu liczby zmiennych objaśniających oszacowano parametry modelu. Do weryfikacji hipotezy o istotności parametru strukturalnego regresji wykorzystano statystykę t :

$$t_j = \frac{|b_j|}{S(b_j)} \quad (2.6.15)$$

gdzie: b_j – ocena parametru β_j , $S(b_j)$ – ocena standardowego błędu szacunku parametru β_j . Jeżeli prawdziwa jest hipoteza zerowa, to statystyka t ma rozkład Studenta o liczbie stopni swobody równej $(n - k - 1)$. Oprócz *testu t*, sprawdzającego osobno istotność każdego parametru można wykonać *test F*, odnoszący się do całego zbioru parametrów [40]. *Statystyka F* służąca do weryfikacji hipotezy $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ ma postać:

$$F = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \right] / k}{\left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \right] / (n - k - 1)} \quad (2.6.16)$$

Jeśli prawdziwa jest hipoteza zerowa, to statystyka F ma rozkład F - *Snedecora* z liczbą stopni swobody licznika $\nu_1 = k$ i mianownika $\nu_2 = n - k - 1$.

W celu oceny dobroci dopasowania modelu do wartości rzeczywistych zastosowano następujące miary:

- współczynnik determinacji:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.6.17)$$

gdzie: i – numer obserwacji, n – liczba obserwacji, y_i – zaobserwowana (empiryczna) wartość zmiennej Y , \hat{y}_i - teoretyczna wartość zmiennej Y .

- skorygowany współczynnik determinacji (neutralizacja efektu zwiększania R^2 przez dodawanie nowych zmiennych):

$$R_s^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2} \times \frac{n-1}{n-k-1} \quad (2.6.18)$$

2.7. Wnioski ze studiów literatury i praktyki krajowej

Na podstawie powyższego przeglądu literaturowego można wysunąć następujące wnioski do własnych, przedmiotowych analiz:

1. Powszechnie stosowana wskaźnikowa metoda szacowania *SDR*, na podstawie ograniczonych danych, jest bardzo ogólna a jej wyniki nie są satysfakcjonujące. W celu zwiększenia dokładności należy:
 - a. podzielić sieć dróg na 3 do 5 grup przy łącznym wykorzystaniu wiedzy eksperta (przynależność funkcjonalno/geograficzna) oraz metody matematycznej (analiza skupień). Podziału należy dokonać oddzielnie w zależności od okresu analiz tzn. dla godziny w dobie, dnia w tygodniu i miesiąca w roku,
 - b. ze względu na zdecydowanie różne profile zmienności ruchu pojazdów ciężkich od samochodów osobowych należy rozróżnić te dwie grupy i wyznaczyć osobne dla nich charakterystyki zmienności,
 - c. w przypadku zmienności dobowej i tygodniowej, powinno się uwzględnić w analizach strukturę kierunkową,
 - d. wyróżnić w analizach odcinki dróg gdzie obserwuje się stany zatłoczenia.
2. Poważny problem stanowią niekompletne dane pochodzące z pomiarów ciągłych. Najbardziej efektywną metodą uzupełniania danych (najkorzystniejszy stosunek

nakładów kosztów do uzyskanej dokładności) jest metoda Boxa-Jenkinsa (modele *ARIMA*, *SARIMA*).

3. Metoda wskaźnikowa określania godzinowego natężenia miarodajnego jest bardzo niedokładna i ma liczne ograniczenia. Główny problem polega na tym, że zależność pomiędzy *SDR* i 30h (50h) zmienia się z roku na rok (ten kontrowersyjny zapis poddano analizie w pracy w celu sprawdzenia czy rzeczywiście tak jest) oraz że analizy prowadzi się w przekroju drogi a nie w rozróżnieniu na kierunki ruchu. Szczególnie w przypadku dróg wielopasowych konieczne jest wprowadzenie tzw. kierunkowego natężenia miarodajnego.
4. Potrzebne jest porównanie różnych metod analiz danych ruchowych w celu wyboru najbardziej użytecznej.
5. Konieczne jest podjęcie badań wrażliwości odcinków i skrzyżowań drogowych oraz otoczenia dróg (poziom rozchodzącego się dźwięku) na zmiany natężenia, w kontekście wymaganej dokładności estymacji natężenia miarodajnego.

3. BUDOWA I WERYFIKACJA BAZ DANYCH

3.1. Dane pochodzące z ciągłych pomiarów ruchu

Do analiz wykorzystano dane pochodzące ze stacji *Golden River* z lat 2000 - 2010. Na terenie całego kraju zlokalizowanych jest ich (w zależności od roku [121, 122]) około 34 co dla ogólnej długości dróg krajowych wynoszących w 2010 roku 17247 km daje średnio jedną stację na 507,3 km długości dróg. Przykładowo w Niemczech [3] w roku 2007 jedna stacja przypadała średnio na 20,5 km długości autostrad oraz 43,9 km długości pozostałych dróg federalnych. W celu określenia cech charakterystycznych odcinków drogowych, na których zlokalizowane są owe stacje oraz ich otoczenia, wykonano dokumentację fotograficzną oraz opisową (na bazie wyjazdów inwentaryzacyjnych oraz zdjęć satelitarnych). Część opisowa obejmuje następujące cechy dróg i ich bezpośredniego otoczenia: lokalizację (region Polski, obszar turystyki letniej), geometryczne (elementy przekroju drogi, rodzaj pobocza), sposób zagospodarowania otoczenia (rodzaj zabudowy, obiekty w okolicy), oddziaływanie sąsiednich miast (wojewódzkich lub o liczbie mieszkańców większej od 200 tyś. oraz stref podmiejskich), rodzaj przenoszonego ruchu, ukształtowanie wysokościowe terenu, dane dotyczące pobliskiego przemysłu i handlu oraz możliwe utrudnienia w ruchu w latach 2000-2010 (remonty, przebudowy, budowy na sąsiednich odcinkach). Ze względu na zbyt dużą liczbę zmiennych (12 wyróżnionych cech drogi, ruchu i otoczenia) w stosunku do stanowisk pomiarowych, współzależność niektórych cech (np. rodzaju dominującej zabudowy i oddziaływania miast) oraz braku zróżnicowania zagospodarowania otoczenia i ukształtowania terenu (dominacja pól uprawnych, łąk, lasów w otoczeniu drogi i terenu płaskiego) zdecydowano się na agregację części zmiennych. W tab. 3.1 przedstawiono wynikową bazę danych (1 oznacza że analizowana cecha dotyczy danego przypadku). Niestety nie wszystkie stacje działają prawidłowo i tylko nieliczne spośród nich zawierają komplet danych z pełnych 365 lub 366 dni pomiarowych. W tab. 3.2 przedstawiono przykładowo liczbę brakujących dni w latach 2002 – 2004 (pełny dzień musi zawierać dane przynajmniej z jednego kierunku oraz przynajmniej pojazdy lekkie). Zgodnie z ustaleniami (często arbitralnymi) przedstawionymi w punkcie 3.1.3, braki w natężeniu ruchu do dwóch godzin zostały uzupełnione i traktowane jako kompletne. Brak więcej niż dwóch godzin wyklucza z analizy cały dzień. W dalszych analizach przy braku wymaganej liczby dni usunięto całą stację. Stanowiska, w których nie były wykonywane pomiary w danym roku oznaczono krzyżykami (x). Pozostałe lata tj. 2005 – 2010 szczegółowo opisano w punkcie 3.1.3. Liczbę brakujących dni i godzin przedstawiono w tab. 3.8. W analizach uzupełniania danych z wykorzystaniem modelu *SARIMA* (p. 3.1.3) mających na celu między innymi określenie rzeczywistej liczby stanowisk zawierających komplet danych, brak nawet jednej godziny w dobie oznacza brak całego dnia.

Ponadto do analiz wykorzystano dane zbierane i przetwarzane przez prywatną firmę *Traxelektronik* [134] z lat 2005 - 2010. W tab. 3.3 zestawiono lokalizację stacji pomiarowych wraz ze wskazaniem lat, w których odbywał się pomiar przez cały rok oraz wyznaczony wskaźnik kompletności danych C (wzór 2.3.2). Za kompletne dane uważa się wartość natężenia godzinowego uzyskanego z sześciu dziesięciominutowych okresów pomiarowych, przynajmniej na jednym kierunku oraz przynajmniej dla pojazdów lekkich. Przyjęcie 10 minutowego interwału rejestracji uniemożliwia wyznaczenie wskaźnika nierównomierności ruchu w godzinie k_{15} . Niestety w trakcie szczegółowych analiz okazało się, że ze względu na brak pełnego roku pomiarowego, zbyt niski wskaźnik kompletności C (poniżej 75 %), brak pomiaru na jednym z kierunków lub brak pomiaru pojazdów ciężkich większość dostępnych danych jest nieprzydatna. Zgodnie z punktem 3.1.3 brakujące natężenie z jednego lub dwóch okresów dziesięciominutowych w godzinie, zostało uzupełnione i traktowane jako kompletne. Brak więcej niż dwóch okresów pomiarowych w godzinie skutkuje usunięciem całej godziny. Analogicznie jak w przypadku stacji *Golden River*, braki w natężeniu ruchu do dwóch godzin zostały uzupełnione i traktowane jako kompletne natomiast brak więcej niż dwóch godzin w dobie wyklucza z analizy cały dzień. W przypadku braku wymaganej liczby dni usunięto całą stację pomiarową. Liczbę brakujących dni, w kolejnych latach, przedstawiono w tab. 3.4 W tab. 3.5 przedstawiono natomiast procentowy udział stacji z wymaganą liczbą dni pomiarowych, wykorzystanych w pracy w rozbiciu na stacje *Golden River* oraz firmy *Traxelektronik* w kolejnych latach. Wyraźnie widać (szczególnie w przypadku stacji *TE*), że im dawniejsze lata pomiarów tym mniejsza liczba stacji z wymaganą liczbą dni pomiarowych (do roku 2007 równą 0%).

Tab. 3.3. Charakterystyka dostępnych danych ruchowych ze stacji firmy *TE* w latach 2005-2010

Lokalizacja stacji pomiarowej	pełny rok pomiarowy	wskaźnik kompletności C [%]					Lokalizacja stacji pomiarowej	pełny rok pomiarowy	wskaźnik kompletności C [%]					
		2010	2009	2008	2007	2006			2010	2009	2008	2007	2006	
Biała Podlaska	2010	93,4					Michałowice 1	brak						
Burdzowice	brak						Michałowice 2	brak						
Brzesko 1	2010	93,1					Osiecznica	brak						
Brzesko 2	brak						Piasek	brak						
Buszkowo	2009-2010	89,7	90,0				Pniewo	2010	91,2					
Dulowa	2009-2010	82,8					Pobiednik	2007-2010	92,8	91,7	80,1	40,6		
Firlej	2008 - 2010	78,4	62,8	78,1			Przemysłów	2006-2010	91,2	91,6	87,0	77,8		
Głogoczków 1	2010	96,4					Renice	2009-2010	83,3	92,1				
Głogoczków 2	2010	96,8					Rychnowy	2009-2010	92,0	87,0				
Gosprzydowa	2007				84,8		Słomniki	2009-2010	22,2	69,6				
Grybów	brak						Szczebrzeszyn	2010	79,7					
Gwieździn	2010	93,0					Terespol	2010	91,9					
Hebdów	2007-2010	97,0	62,3	70,8	41,1		Tęgoborze-Just	2009-2010	86,7	56,1				
Izbica	2009-2010	91,5	82,1				Tupadły	brak						
Jaksice	2006-2010	58,2	42,5	66,9	76,1	77,0	Wielogłowy-Dąbrow	brak						
Jastków	2008-2010	85,4	19,6	53,4			Wieżyca	2009-2010	89,3	86,4				
Karolewo	2010	94,3					Witowice Dolne	2009-2010	92,0	91,3				
Kędzierzyn Koźle	brak						Włodawa	2010	83,7					
Kochanów	2008-2010	95,4	86,7	83,1			Wołcza Mała	2010	88,5					
Krzyżówka	2006-2007				35,6	68,5	Wólka Dobryńska	2010	92,4					
Lubycza	brak						Zyrzyn	2009		83,4				
Maków Mazowiecki	brak													

Tab. 3.4. Liczba brakujących dni w poszczególnych miesiącach w stacjach firmy TE, w latach 2005-2010

stacja numer	Lokalizacja stacji pomiarowej	2010 - liczba brakujących dni												2009 - liczba brakujących dni												2008 - liczba brakujących dni											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
TE1	Biała Podlaska	10	2		4	1	1	3	4	2	2	1	4	1	1	2	3		3		2	1	2														
TE5	Buszkowo																																				
TE6	Dulowa	5	10		1	6	2	6	11	9	12	13	5																								
TE8	Głogoczów 1	21	1		2	1	1	2	2	1	2	1																									
TE12	Gwiedzin	1	3			1		3	2	1	1	1	1																								
TE13	Hebów	1	1			2	1	5	2	1	1	1	1																								
TE14	Izbica	1	4	3	1	1	2	2	3	2	3	1	2																								
TE17	Karolewo	3	1		4	10	4	3	5	7	10	7	18																								
TE28	Pobiednik	1	2			1		2	2	1	1	1	1	4		3	3	4		2			2														
TE29	Przemysłów	1	1			1		2	2	1	1	2												3		1	1		1	5	4	1	3	7	6		
TE31	Rychnowy	1	13		3	1	2	2	3	2	1	2	3																								
TE35	Tęgoborze-Just	1	1			1	9	8	2	1	1	1	1																								
TE38	Wieżyca	11	1			1	3	1	3		1	6	21	4		3	4	3		2		2	1	4													
TE39	Witowice Dolne	1	1	2		2		2	1	1	2	2	4		2	2	3		2	2		5															
TE41	Wolcza Mała	1	1			1		2	2	1	1	1	1																								
TE43	Żyrzyn													6	2	1	5	17		2			3	1	2												

Tab. 3.5. Procentowy udział stacji Golden River oraz firmy Traxelektronik z wymaganą liczbą dni pomiarowych w latach 2000 – 2010

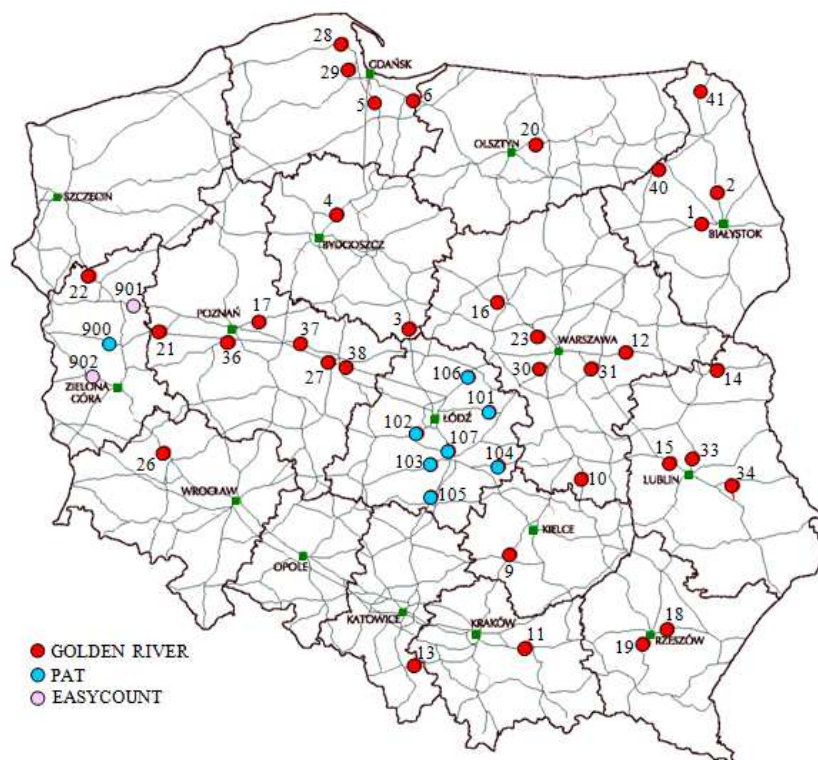
procentowy udział stacji Golden River (GR) oraz firmy Traxelektronik (TE) z wymaganą liczbą dni pomiarowych																						
2010		2009		2008		2007		2006		2005		2004		2003		2002		2001		2000		
GR	TE	GR	TE	GR	TE	GR	TE	GR	TE	GR	TE	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	
81,8	32,6	72,7	13,2	75,8	3,8	65,6	0,0	74,2	0,0	70,0	0,0	60,0	64,3	42,9	47,6	47,6	30,4					

3.1.1. Rodzaj oraz lokalizacja stacji pomiarowych

Szczegółowe dane dotyczące liczby oraz lokalizacji stacji Golden River publikowane są każdego roku w opracowaniach rocznych wykonywanych na zlecenie GDDKiA [121, 122]. W tab. 3.6 zestawiono podstawowe charakterystyki dla stanowisk Golden River z lat 2000 – 2010 oraz na rys. 3.1 ich lokalizację w roku 2010. Na mapie dodatkowo przedstawiono lokalizację stacji pomiaru ciągłego PAT i EasyCOUNT.

Tab. 3.6. Lokalizacja stanowisk pomiarowych Golden River (źródło [122])

Lp	ODDZIAŁ GDDKiA	Nr stacji GR	Nr drogi krajowej	Nazwa stacji	Nazwa odcinka	Lp	ODDZIAŁ GDDKiA	Nr stacji GR	Nr drogi krajowej	Nazwa stacji	Nazwa odcinka				
1	BIAŁYSTOK	1	8	Babino	Jeżewo - Choroszcz	8	POZNAŃ	17	5	Biskupice	Poznań - Pobiedziska				
		2	8	Kumiąta	Korycin - Suchowola			21	2	Bolewicko	Trzciel - Lwówek				
		40	61	Szczuczyn	Suraty - Popowo			27	A2	Stugocin	Stugocin - Modła				
		41	8	Czerwonka	Suwałki - Szypliszki			36	A2	Krzesiny	Luboń - Krzesiny				
2	BYDGOSZCZ	3	1	Gagowy	Lubień Kuj. - Kowal			37	92	Strzałkowo	Września - Słupca	38	A2	Żdźary	Modła - Koło
		4	5	Gruczno	Świecie - Gruczno										
3	GDAŃSK	5	1	Mitobądź	Pszczółki - Tczew			9	RZESZÓW	18	4	Krasne	Rzeszów - Łańcut		
		6	7	Kazimierzowo	Nw. Dwór Gd. - Elbląg					19	9	Baryczka	Babica - Domaradz		
		28	6	Kębtowo	Bożepole - Wejherowo	10	9			Krzyżanowice	Skaryszew - Iłża				
		29	20	Miszewo	Żukowo - Chwaszczyno	12	2			Bojmie	Katuszyn - Siedlce				
4	KIELCE	9	7	Podchojny	Mnichów - Jędrzejów	10	WARSZAWA	16	10	Gumowo	Płońsk - Drobin				
5	KRAKÓW	11	4	Jasień	Bochnia - Brzesko			23	7	Łomna	Nw. Dwór Maz. - Łomianki				
		13	52	Kęty	Bielsko B. - Andrychów			30	8	Nadarzyn	Janki - Siestrzeń				
6	LUBLIN	14	2	Stawacinek	Międzyrzec Podl. - Biała Podl.			31	17	Anielinek	Warszawa(Zakręt) - Kołbiel	25	A4	Bielany Wr.	Kąty Wr. - Wrocław
		15	12	Barak	Garbów - Lublin	26	3	Lubin	Polkowice - Lubin						
		33	19	Elizówka	Niemce - Lublin										
		34	12	Adolfin	Piaski - Chełm	12	ZIELONA GÓRA	22	3	Marwoice	Jastrzębiec - Gorzów Wlkp.				
7	OLSZTYN	20	16	Kromerowo	Barczewo - Biskupiec	Stacja Gr 38 od 20 marca 2010 roku przeniesiona do miejscowości KUNY km 278,100 na autostradzie A2									

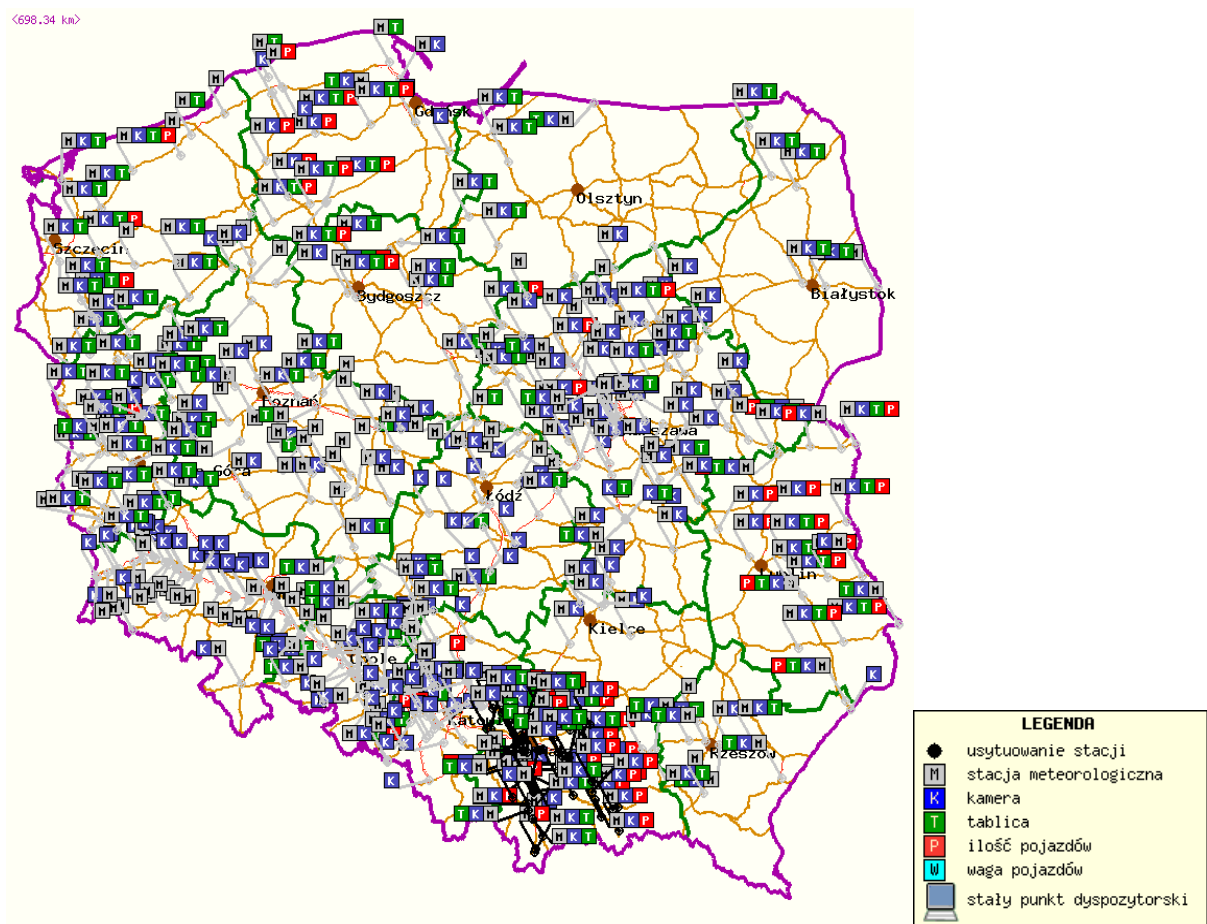


Rys. 3.1. Mapa lokalizacji stacji pomiaru ciągłego (źródło [122])

Od roku 2005 firma *Traxelektronik*, prowadzi pomiary ruchu na sieci dróg zamiejskich, w 42 przekrojach. Lokalizację oraz podstawowe dane stacji pomiarowych przedstawiono w tab. 3.7 oraz na rys. 3.2. Na mapie oprócz punktów pomiaru ruchu, przedstawiono lokalizację wszystkich kamer oraz stacji meteorologicznych należących do firmy *Traxelektronik* (zgodnie z legendą poniżej). Pomiar ruchu jest wykonywany w miejscach oznaczonych symbolem *P*.

Tab. 3.7. Lokalizacja stanowisk pomiarowych firmy *Traxelektronik*

Lp	Rejon	Nr drogi krajowej	Nazwa stacji	Lp	Rejon	Nr drogi krajowej	Nazwa stacji
1	Bochnia	79	Hebódów	21	Lublin	2	Biała Podlaska
2	Bochnia	79	Jaksice	22	Lublin	17	Piaski
3	Bochnia	79	Pobiednik	23	Międzyrzecz Podlaski	2	Terespol
4	Bochnia	79	Przemyków	24	Międzyrzecz Podlaski	2	Wólka Dobryńska
5	Chełm	17	Izbica	25	Nowy Sącz	28	Grybów
6	Chełm	82	Włodawa	26	Nowy Sącz	75	Krzyżówka
7	Czuchów	22	Buszkowo	27	Nowy Sącz	75	Tęgoborze-Just
8	Czuchów	25	Gwóździn	28	Nowy Sącz	75	Wielogłowy-Dąbrowa
9	Czuchów	22	Rychnowy	29	Nowy Sącz	75	Witowice Dolne
10	Katowice	1	Brudzowice	30	Płońsk	10	Karolewo
11	Kędzierzyn Koźle	40	Kędzierzyn Koźle	31	Płońsk	10	Tupały
12	Kościerzyna	20	Wieżyca	32	Przasnysz	60	Maków Mazowiecki
13	Kościerzyna	20	Wółcza Mała	33	Puławy	12/17	Jastków
14	Kraków	79	Dulowa	34	Puławy	17	Żyrzyn
15	Kraków	7	Głogoczów	35	Stubice	29	Osiecznica
16	Kraków	79	Kochanów	36	Szczecin	6	Pniewo
17	Kraków	7	Michałowice	37	Tarnów	75	Brzesko
18	Kraków	7	Słomniki	38	Tarnów	75	Gosprzydowa
19	Lipiany	3	Renice	39	Zamość	17	Lubycza
20	Lubartów	19	Firlej	40	Zamość	74	Szczepieszyn



Rys. 3.2. Mapa lokalizacji urządzeń do rejestracji ruchu, prędkości, warunków meteorologicznych oraz ważenia pojazdów firmy Traxelektronik (źródło [134])

3.1.2. Zakres zbieranych danych w stacjach pomiarowych

Liczniki *Marksman 660* w stacjach *Golden River* rejestrują dane w przedziałach godzinowych dla każdej kategorii pojazdu (wg klasyfikacji *EURO-6*) oraz dane o liczbie pojazdów w 14 zakresach prędkości [122]. Podział pojazdów na kategorie wg klasyfikacji *EURO-6*, jest następujący (podział ten jest zbliżony do obowiązującego w *GPR* dlatego też można łączyć uzyskane wyniki):

1. motocykle i skutery,
2. samochody osobowe i lekkie samochody ciężarowe (dostawcze),
3. samochody osobowe z przyczepami,
4. samochody ciężarowe bez przyczep, duże samochody dostawcze oraz małe autobusy,
5. samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami,
6. autobusy

Wprowadzono ponadto dodatkowy podział pojazdów samochodowych na: pojazdy lekkie (suma kategorii 1, 2 i 3), pojazdy ciężkie (suma kategorii 4, 5 i 6).

W pomiarach wyróżnia się 14 zakresów prędkości, pierwszy zakres od 0 – 29 km/h, następnie 12 zakresów do 149 km/h o szerokości 10 km/h i ostatni zakres od 150 km/h wzwyż.

Wyniki obejmujące maksymalnie 23 dni pomiarowe, zapisywane są w formie zbiorów binarnych. W celu umożliwienia przeprowadzenia w niniejszej pracy szczegółowych analiz zamieniono je na pliki tekstowe przy wykorzystaniu programu *GRFORMAT* w wersji 2.9. Następnie tak otrzymane pliki wczytano do odpowiednio przygotowanych arkuszy programu *EXCEL*.

Zakres danych zbieranych przez firmę *Traxelektronik* [134] obejmuje rejestrację liczby pojazdów w interwałach 10 minutowych, w podziale na dwie kategorie pojazdów (o długości do i powyżej 5 m) w 5 zakresach prędkości (pierwszy zakres poniżej 50 km/h, następnie trzy zakresy o szerokości 10 km/h i ostatni zakres powyżej 90 km/h). Ponadto rejestruje się prędkość maksymalną i średnią na każdym z pasów. Wyniki z okresu 10 minut (liczba pojazdów, ich prędkość i długość) pakowane są w pakiety 102 bajtowe i poprzez urządzenie transmisyjne wysyłane na serwer. Następnie po przeanalizowaniu, zamieszczane są na stronie internetowej. Pełne wyniki dostępne są po zalogowaniu się na stronie *Traxelektronik*. Do celów niniejszej pracy firma *Traxelektronik* udostępniła zagregowane dane ruchowe w formie plików tekstowych. W toku dalszej obróbki pliki te zostały wczytane do odpowiednio przygotowanych arkuszy programu *EXCEL*.

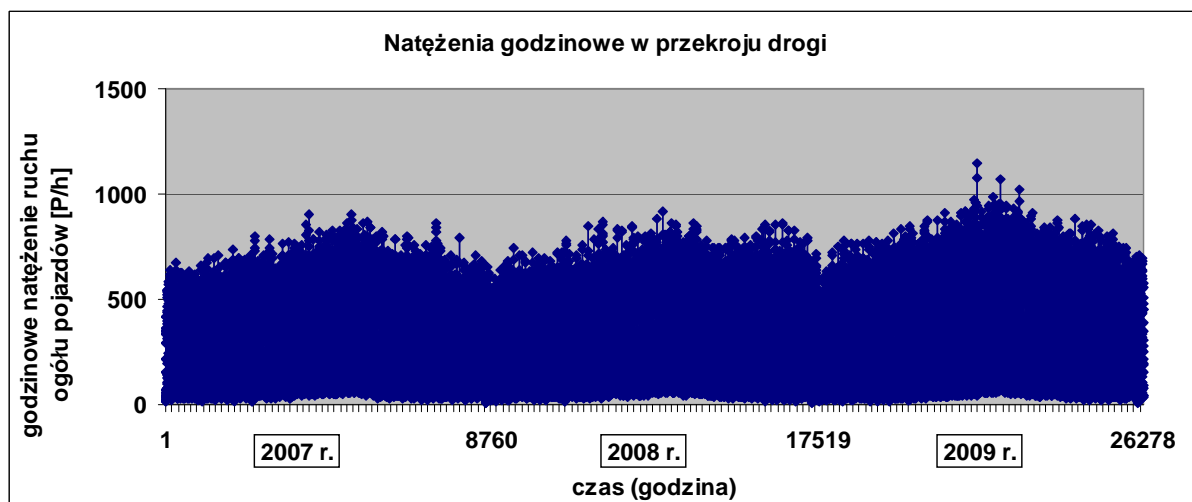
3.1.3. Uzupelnienie brakujących danych – model *SARIMA*

Na podstawie wniosków wynikających z przeglądu literatury zdecydowano się na uzupełnianie brakujących danych przy wykorzystaniu modelu sezonowego *SARIMA*. Uzupełniane dane traktuje się jako prognozę bezpośrednią (do jednego miesiąca) lub jako krótkoterminową (od 1 do 3 miesięcy) [123]. Przed przystąpieniem do budowy modelu *SARIMA*, przeprowadzono analizę dostępnych danych (ze stacji pomiarów ciągłych *Golden River*) w latach 2005-2010. Dla każdego ze stanowisk określono liczbę brakujących poszczególnych dni tygodnia (w kolejnych latach, w odniesieniu do ogółu pojazdów w przekroju drogi), liczbę brakujących dni w poszczególnych miesiącach oraz liczbę brakujących godzin. Brak nawet jednej godziny oznacza eliminację z analiz całego dnia. W tab. 3.8 zestawiono statystyki zbiorcze.

Tab. 3.8. Roczne statystyki dla lat 2005-2010

rok	2010	2009	2008	2007	2006	2005
liczba dni w roku	365	365	366	365	365	365
liczba godzin w roku	8760	8760	8784	8760	8760	8760
liczba stacji pomiarowych	33	33	33	32	31	29
liczba stacji pomiarowych z kompletnymi danymi	6	8	7	6	2	2
liczba stacji pomiarowych z niekompletnymi danymi	27	25	26	26	29	27
łączna liczba brakujących dni	927	982	1024	1744	1540	1136
łączna liczba brakujących godzin	20493	22284	23055	40410	35497	25036
% udział niekompletnych danych w całości [%]	81,8	75,8	78,8	81,3	93,5	93,1
% udział brakujących dni w całości [%]	7,7	8,2	8,5	14,9	13,6	10,7
% udział brakujących dni w niekompletnych danych [%]	9,4	10,8	10,8	18,4	14,5	11,5
% udział brakujących godzin w całości [%]	7,1	7,7	8,0	14,4	13,1	9,9
% udział brakujących godzin w niekompletnych danych [%]	8,7	10,2	10,1	17,7	14,0	10,6

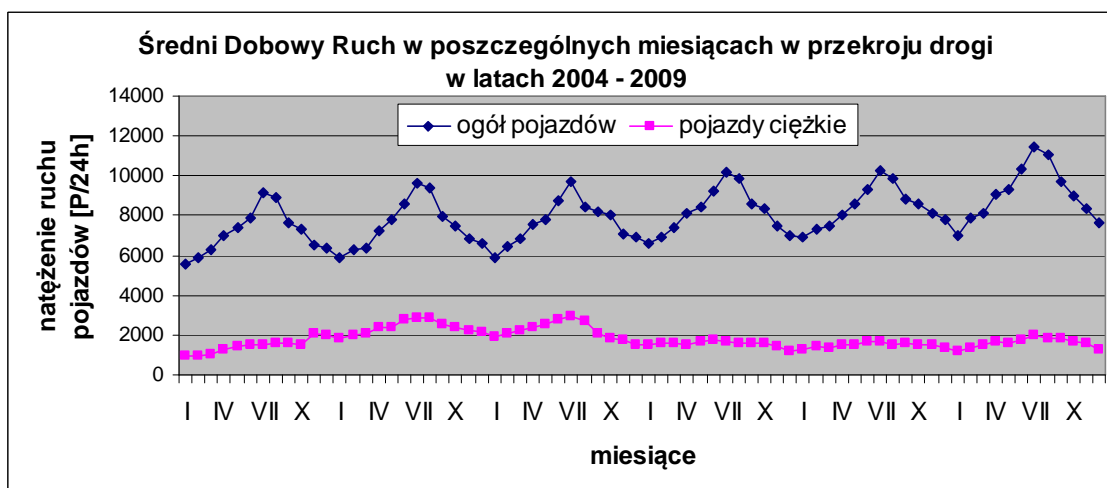
W latach 2005 – 2010 (tab. 3.8) procentowy udział niekompletnych danych jest bardzo wysoki i wynosi od 75,8 do 93,5%. W przypadku brakujących dni i godzin wynosi odpowiednio: a) w odniesieniu do całego zbioru danych od 7,7 do 14,9% oraz od 7,1 do 14,4%, b) w odniesieniu do zbioru z niekompletnymi danymi od 9,4 do 18,4% oraz od 8,7 do 17,7%. Należy jednak nadmienić, że powyższa analiza odnosi się do ogółu pojazdów w przekroju drogi. Niestety zdarzają się błędy w odniesieniu do kierunków ruchu oraz struktury rodzajowej. Trudno ocenić czy awarie dotyczyły pętli (brak danych) czy klasyfikacji (źle określona kategoria pojazdu). Można natomiast zauważyć, że rozkład brakujących danych jest z grubsza jednolity w przypadku dni tygodnia ale już nie w przypadku miesięcy w roku. Ponadto ich zakres i okres występowania zmienia się z roku na rok. Dlatego też, zastosowany model *SARIMA* musi mieć szerokie zastosowanie, obejmujące uzupełnianie danych we wszystkich dniach tygodnia przez cały rok, a także (ze względu na dalsze analizy) w rozdzieleniu na kierunki ruchu i przy uwzględnieniu uproszczonej struktury rodzajowej (pojazdy lekkie i ciężkie). Dalsze, szczegółowe analizy prowadzono na danych pochodzących ze stanowiska numer 20. Punkt ten został wybrany ze względu na najmniejszą liczbę brakujących godzin z okresu trzech lat (brak 1 godziny). Ponieważ w dostępnej literaturze krajowej nie ma publikacji dotyczących uzupełniania danych ruchowych w odniesieniu do natężeń ruchu, schemat analiz zaczerpnięto z pracy dotyczącej prognozowania krótkoterminowego zapotrzebowania na energię elektryczną [48]. W pierwszym etapie wyodrębniono poszczególne składowe szeregi czasowe tj. cykl, trend oraz sezonowość. W tym celu przeprowadzono wizualną analizę szeregów skonstruowanych na bazie godzinowych natężeń ruchu oraz miesięcznych natężeń średnio dobowych. Analizy prowadzono dla przekroju drogi (kierunki 1+2) oraz oddzielnie dla kierunku 1 i 2 przy uwzględnieniu struktury rodzajowej (ogół pojazdów, pojazdy ciężkie i pojazdy lekkie). Przykładowe wyniki (dla stanowiska nr 20) przedstawiono na rys. 3.3, 3.4 oraz w tab. 3.9. Dane źródłowe na rys. 3.4 obejmujące okres 6 lat (dłuższy okres umożliwia lepszą obserwację cyklu) są danymi niepełnymi w których *SDR* w poszczególnych miesiącach został wyliczony z pominięciem brakujących dni. W tab. 3.9 zestawiono roczne statystyki dotyczące Średnio Dobowego Ruchu w roku. Widać, że w latach 2007 – 2009 wielkość natężenia ruchu zmienia się w małym zakresie. Ponieważ celem modelu są prognozy natychmiastowe i krótkoterminowe, cykl roczny może zostać pominięty. Zauważalne są natomiast roczne wahania cykliczne, związane z porami roku.



Rys. 3.3. Natężenia godzinowe ogółu pojazdów w przekroju drogi DK16 z okresu 3 lat (st. nr 20)

Tab. 3.9. Roczne statystyki Średniego Dobowego Ruchu w roku dla lat 2007 -2009 – st. nr 20

	Rok		
	2007	2008	2009
SDR 1+2 ogół pojazdów [P/d]	8186	8439	9085
SDR 1 ogół pojazdów [P/d]	4100	4220	4537
SDR 2 ogół pojazdów [P/d]	4085	4219	4548
SDR 1+2 pojazdy ciężkie [P/d]	1562	1505	1618
SDR 1 pojazdy ciężkie [P/d]	799	770	820
SDR 2 pojazdy ciężkie [P/d]	763	735	798
SDR 1+2 pojazdy lekkie [P/d]	6623	6934	7467
SDR 1 pojazdy lekkie [P/d]	3301	3450	3717
SDR 2 pojazdy lekkie [P/d]	3322	3484	3749

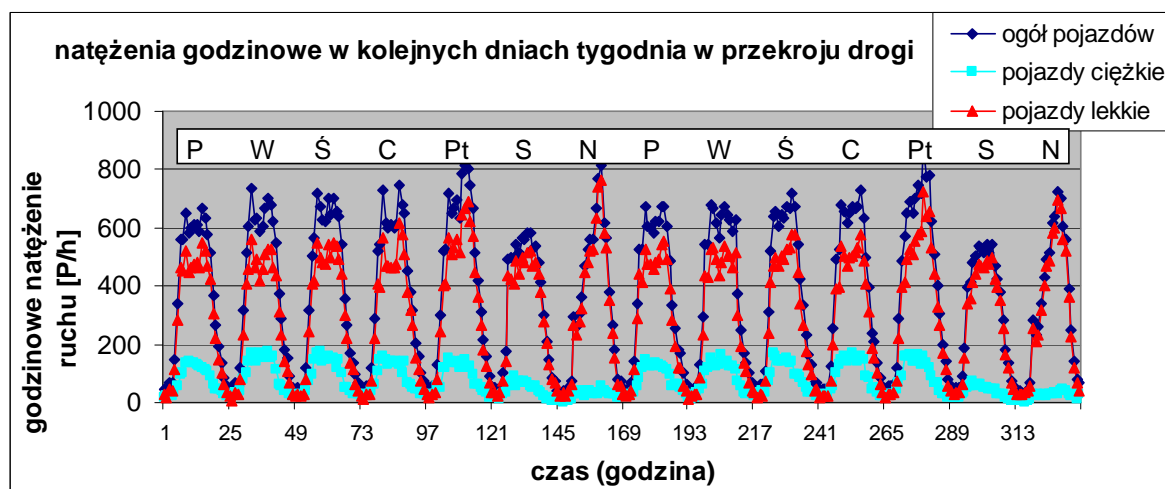


Rys. 3.4. Zmienność roczna ogółu oraz pojazdów ciężkich w przekroju drogi DK16 (st. nr 20)

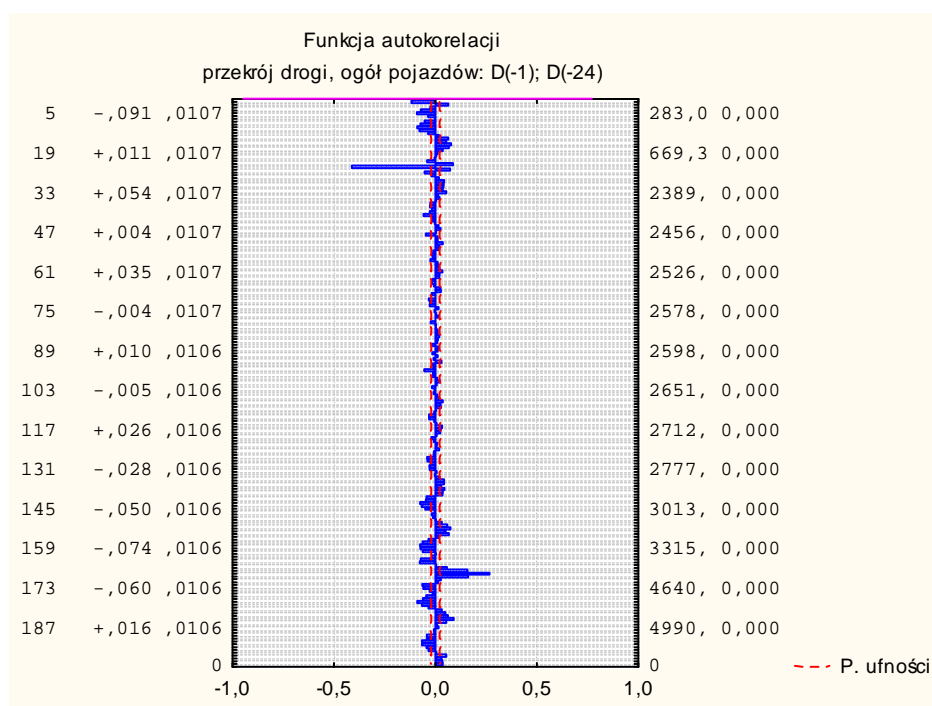
Uwaga: Przebudowa DK 16 od 11.09.2006 roku na odcinku Gietrzwałd – Nagłady i Wójtowo – Barczewo oraz od 11.11.2008 na odcinku Barczewo -Kromerowo- Biskupiec

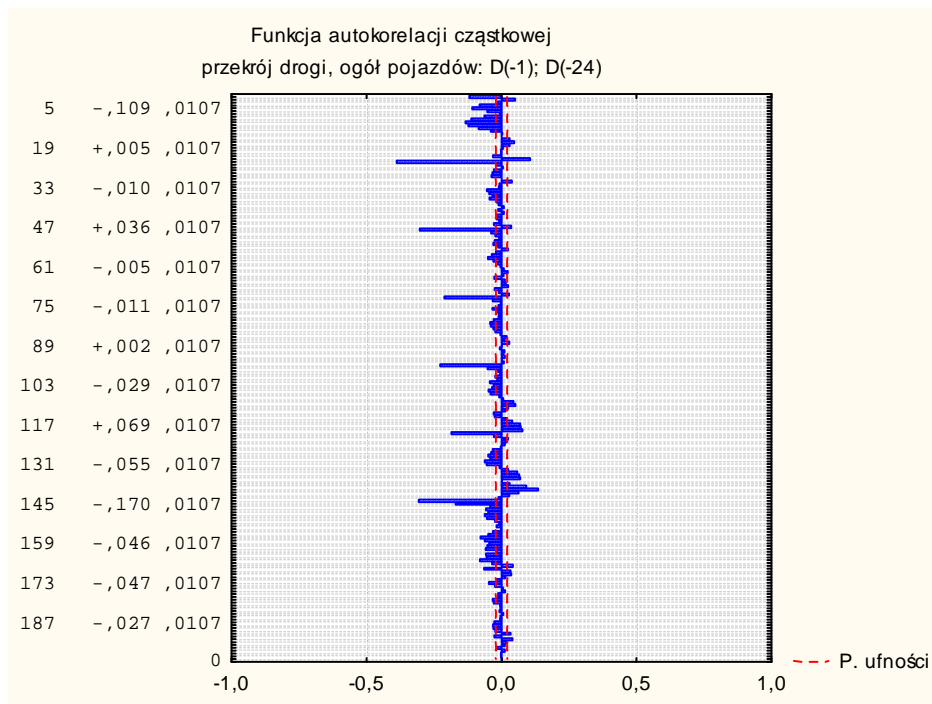
W celu wykrycia sezonowości szeregów czasowych sporządzono wykresy dla krótszego okresu tj. dla dwóch tygodni października (przykładowe wyniki dla przekroju drogi przedstawiono na rys. 3.5, pozostałe zamieszczono w załączniku). Na ich podstawie można

zaobserwować zarówno przy uwzględnieniu struktury rodzajowej jak i kierunkowej, schemat powtarzania się sekwencji tygodniowej (168 godzin) oraz sekwencji dobowej (24 godziny). W celu potwierdzenia spostrzeżeń z analizy wizualnej wykresów wykonano korelogram autokorelacji (ACF) i autokorelację cząstkową (PACF). Wykazały one, że największe reszty z procesu autokorelacji są dla $k = 1$ oraz $k = 24$ godziny (k oznacza wartość opóźnienia analizowanego szeregu czasowego). W związku z tym przeprowadzono różnicowanie badanego szeregu czasowego o te wielkości (rys. 3.6). Maksymalną liczbę opóźnień (k) dobrano tak aby wykazać wyraźne wahania sezonowe. Analizy te potwierdzają dwa główne okresy sezonowości tzn. $k = 24$ i $k = 168$ godzin, które są na tyle silne, że nie da się ich usunąć całkowicie poprzez operację różnicowania.



Rys. 3.5. Zmienność tygodniowa ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich i lekkich w przekroju drogi





Rys. 3.6. Wykres autokorelacji i autokorelacji cząstkowej (liczba opóźnień $k = 200, D - 1, D - 24$) dla danych za rok 2009

W celu identyfikacji trendu zdecydowano się na metodę analityczną czyli na wyznaczenie równania matematycznego wyrażającego postać funkcji trendu. W toku procedury eliminacji krokowej (usuwanie nieistotnych zmiennych czasowych) otrzymano równanie trendu o istotnych statystycznie parametrach strukturalnych, następującej postaci:

$$\hat{y}_t = 354,4 + 0,0055 \times t \quad (3.1.1)$$

Kolejnym etapem analizy było określenie optymalnych parametrów modelu *SARIMA*. W tym celu posłużono się metodą prób i błędów polegającą na sprawdzaniu (dla tych samych danych) alternatywnych modeli. Kierując się trafnością prognoz generowanych na podstawie części danych i przyrównanych do wartości rzeczywistych oraz tym, że model musi mieć zdolność generalizacji (wyszukiwania prawidłowości) wybrany model *SARIMA*(1,1,1)(0,1,1)₁₆₈ ma następującą postać:

$$(1 - B) \times (1 - B^{168}) \times (1 - p \times B) \times \tilde{z}_t = (1 - q \times B) \times (1 - Q_s \times B^{168}) \times \varepsilon_t \quad (3.1.2)$$

gdzie: p – parametr modelu autoregresyjnego, q – parametr modelu średniej ruchomej, Q_s – parametr sezonowego modelu średniej ruchomej.

W celu sprawdzenia poprawności zastosowanego modelu przeprowadzono jego walidację na danych pochodzących ze stanowiska numer 1. W tab. 3.10 przedstawiono uzyskane wyniki prognozy jedno tygodniowej na bazie danych pochodzących z dziewięciu wcześniejszych tygodni.

Kolejne kolumny oznaczają odpowiednio:

1. numer tygodnia dla którego została wykonana prognoza,
2. zakres tygodni użytych do kalibrowania modelu,
3. przedział czasu (data) dla którego została wykonana prognoza,
4. przedział czasu (data) dla tygodni użytych do kalibracji modelu,
5. średni bezwzględny błąd procentowy (*MAPE*) prognozy dla stanowiska numer 20,
6. odchylenie standardowe średniego bezwzględnego błędu procentowego prognozy dla stanowiska numer 20,
7. średni bezwzględny błąd procentowy (*MAPE*) prognozy dla stanowiska numer 1,
8. odchylenie standardowe średniego błędu procentowego prognozy dla stanowiska numer 1,
9. średni bezwzględny błąd procentowy (*MAPE*) prognozy dla stanowiska 20, gdy wartości natężenia ruchu w dni ustawowo wolne od pracy zostały zastąpione danymi pochodzącymi z tego samego tylko „nieświętecznego” dnia tygodnia w tym samym miesiącu,
10. odchylenie standardowe średniego bezwzględnego błędu procentowego prognozy dla stanowiska numer 20, z zamienionymi wartościami zgodnie z punktem powyżej.

Ponadto w tabeli podano wartość przeciętną średniego względnego błędu procentowego dla wszystkich tygodni w roku oraz tzw. średnią poprawioną, dla danych pozbawionych tygodni w których były dni ustawowo wolne od pracy (oznaczone kolorem żółtym) lub były prognozowane w oparciu o kilka takich dni (kolor szary). Przykładową analizę rozkładu reszt obejmującą wykresy autokorelacji oraz autokorelacji cząstkowej oraz dopasowania do rozkładu normalnego przedstawiono dla okresu 1-9 na rys. 3.7 W tab. 3.11 przedstawiono statystyczną analizę oraz parametry modelu natomiast na rys. 3.8 graficzną ilustrację dopasowania prognozy dla 10 tygodnia, do oryginalnego szeregu.

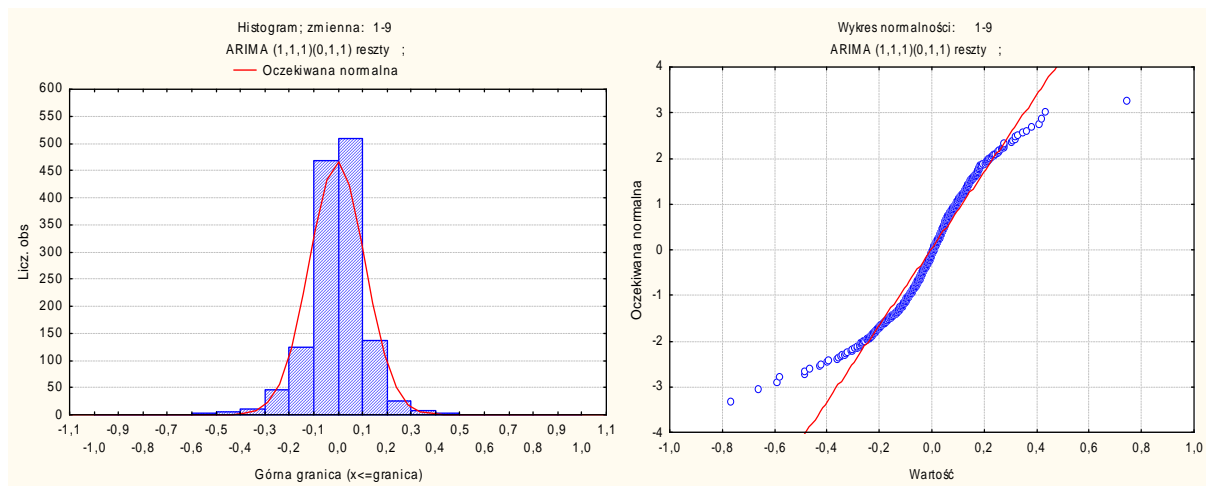
Pomimo że, analiza reszt wykazała poprawność przyjętego modelu, a wynik walidacji wyszedł pozytywnie, nie uzyskano wystarczającej dokładności prognozy. Największe błędy (*MAPE*) uzyskano w tygodniach w których występują lub służą do kalibracji dni ustawowo wolne od pracy. Największą dokładność obserwuje się w marcu, w okresie od lipca do października, w drugiej połowie listopada oraz w pierwszej połowie grudnia. W celu zwiększenia dokładności w tygodniach dla których kalibracja modelu opierała się o kilka dni ustawowo wolnych ($MAPE > 20\%$) zamieniono wartości natężenia ruchu w te dni danymi pochodzącymi z tego samego tylko „nieświętecznego” dnia tygodnia w tym samym miesiącu. W ten sposób uzyskano redukcję błędu dla stanowiska numer 20 średnio o ponad 16%.

Tab. 3.10. Wyniki dla modelu SARIMA(1,1,1)(0,1,1)₁₆₈ dla roku 2009

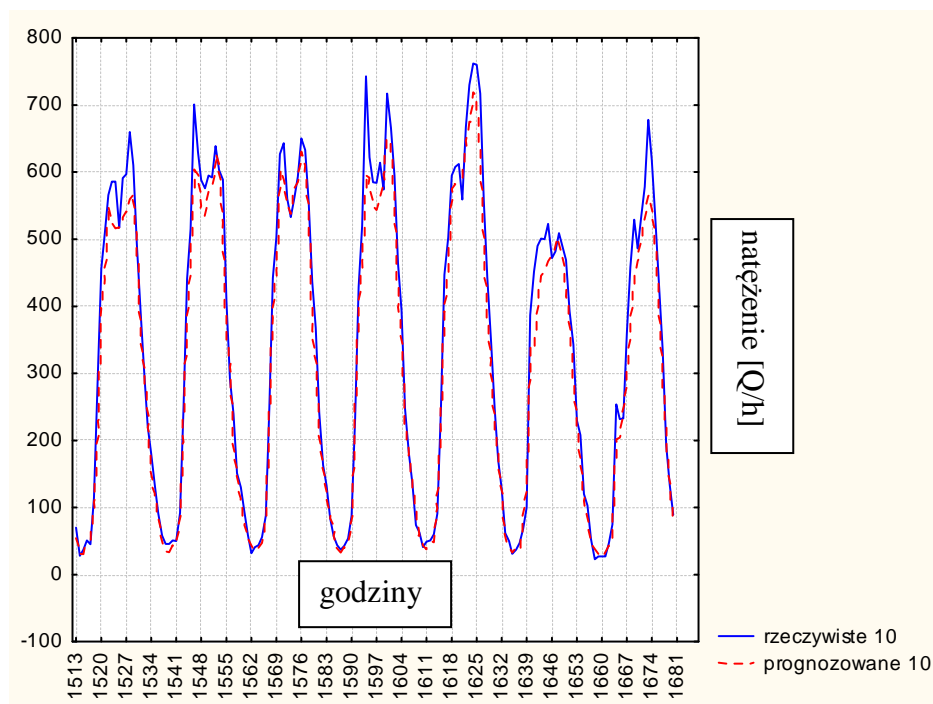
prognoza [tydzień]	kalibracja [tydzień]	data prognozy	data kalibracji	MAPE st. 20 [%]	σ st. 20 [%]	MAPE st. 1 [%]	σ st. 1 [%]	MAPE st. 20 poprawione	σ _{popr.} st. 20 [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1-9	09-15.03	05.01-08.03	10,3	8,3	6,4	5,0		
11	2-10	16-22.03	12.01-15.03	8,8	11,4	8,3	8,7		
12	3-11	23-29.03	19.01-22.03	9,5	10,9	8,6	6,6		
13	4-12	30.03-05.04	26.01-29.03	21,7	20,0	13,3	14,0		
14	5-13	06-12.04	02.02-05.04	26,6	34,0	23,6	35,6		
15	6-14	13-19.04	09.02-12.04	40,6	44,5	33,5	44,8		
16	7-15	20-26.04	16.02-19.04	22,5	15,1	8,4	7,5	12,1	10,0
17	8-16	27.04-03.05	23.02-26.04	25,8	26,2	22,9	28,5		
18	9-17	04-10.05	02.03-03.05	16,5	13,9	40,7	13,6		
19	10-18	11-17.05	09.03-10.05	9,9	10,5	14,8	10,2		
20	11-19	18-24.05	16.03-17.05	8,4	7,0	7,0	5,7		
21	12-20	25-31.05	23.03-24.05	7,4	7,8	11,0	7,3		
22	13-21	01-07.06	30.03-31.05	11,9	8,6	56,9	23,1		
23	14-22	08-14.06	06.04-07.06	20,4	26,1	48,5	46,2		
24	15-23	15-21.06	13.04-14.06	27,0	14,4	19,6	10,4	14,4	9,1
25	16-24	22-28.06	20.04-21.06	29,6	16,4	25,5	12,0	12,6	10,6
26	17-25	29.06-05.07	27.04-28.06	26,9	14,3	37,6	14,5	26,1	13,5
27	18-26	06-12.07	04.05-05.07	10,1	7,4	7,8	6,3		
28	19-27	13-19.07	11.05-12.07	7,5	6,6	6,3	5,3		
29	20-28	20-26.07	18.05-19.07	8,1	6,9	7,5	6,3		
30	21-29	27.07-02.08	25.05-26.07	15,9	42,1	7,1	5,2		
31	22-30	03-09.08	01.06-02.08	9,4	7,6	9,7	5,6		
32	23-31	10-16.08	08.06-09.08	8,6	8,5	8,5	10,2		
33	24-32	17-23.08	15.06-16.08	20,2	17,7	9,5	33,6		
34	25-33	24-30.08	22.06-23.08	10,8	9,8	9,3	8,9		
35	26-34	31.08-06.09	29.06-30.08	12,4	9,5	17,2	18,4		
36	27-35	07-13.09	06.07-06.09	15,7	9,3	9,5	10,8		
37	28-36	14-20.09	13.07-13.09	10,7	7,8	9,0	7,1		
38	29-37	21-27.09	20.07-20.09	9,7	6,8	5,5	4,2		
39	30-38	28.09-04.10	27.07-27.09	11,5	11,4	6,2	5,1		
40	31-39	05-11.10	03.08-04.10	9,2	8,3	6,9	6,8		
41	32-40	12-18.10	10.08-11.10	8,3	7,9	6,6	5,8		
42	33-41	19-25.10	17.08-18.10	12,7	15,3	7,5	6,5		
43	34-42	26.10-01.11	24.08-25.10	28,5	37,9	18,0	21,8		
44	35-43	02-08.11	31.08-01.11	18,3	19,0	12,0	9,6		
45	36-44	09-15.11	07.09-08.11	22,8	46,7	20,1	31,7		
46	37-45	16-22.11	14.09-15.11	11,6	10,4	9,0	8,8		
47	38-46	23-29.11	21.09-22.11	10,4	10,4	7,6	6,6		
48	39-47	30.11-06.12	28.09-29.11	8,4	8,2	7,4	8,0		
49	40-48	07-13.12	05.10-06.12	9,2	8,1	14,5	10,6		
50	41-49	14-20.12	12.10-13.12	13,2	11,2	15,5	16,3		
średnia całość				15,3	15,2	15,2	13,5	16,3	10,8
średnia poprawiona				11,3	11,2	9,2	9,1		

Tab. 3.11. Wynik analizy statystycznej dla modelu SARIMA(1,1,1)(0,1,1)₁₆₈

Dane: natężenie godzinowe w przekroju drogi dla ogółu pojazdów stanowisko numer 20 Przekształcenia: ln(x),D(1),D(168) Model:(1,1,1)(0,1,1) Opóź. sezon.: 168 Resztowy MS= ,01506						
Parametr	Parametr	Asympt. Błąd std	Asympt. t(7844)	p	Dolna gr 95%p.ufn	Górna gr 95%p.ufn
p(1)	0,141003	0,028659	4,9200	0,000001	0,084781	0,197225
q(1)	0,973686	0,007207	135,0936	0,000000	0,959547	0,987825
Qs(1)	0,805157	0,040698	19,7835	0,000000	0,725318	0,884996



Rys. 3.7. Wykres analizy reszt dla modelu $SARIMA(1,1,1)(0,1,1)_{168}$



Rys. 3.8. Wykres dopasowania prognozy do rzeczywistego szeregu dla 10 tygodnia

Ze względu na duże wielkości średniego bezwzględnego błędu procentowego (w przypadku stanowiska numer 20 od 7,4 do 40,6%) odstąpiono od budowy modelu dla danych uwzględniających strukturę kierunkową i rodzajową (możliwość potęgowania się błędów). Zaproponowany model ze względu na zbyt dużą liczbę dni ustawowo wolnych od pracy, nie nadaje się dla okresu od Świąt Wielkiej Nocy do końca czerwca oraz od wigilii Świąt Bożego Narodzenia do końca roku. Uzupełnione dane z pozostałego okresu wprawdzie nie powinny być wykorzystywane do statystyk zbiorczych, ale mogą znaleźć zastosowanie do analiz ogólnych (np. do wyznaczania *SDR*). Ponadto nie zaleca się stosowania zaproponowanego modelu do uzupełniania brakujących danych służących do określania natężenia miarodajnego (ze względu na małą dokładność) oraz w przypadku szacowania *SDR* przy braku pojedynczych, losowo wybranych dni (ze względu na pracochłonność

procesu). Jak wynika z [112] przy braku nawet do 50% dni uzyskuje się bardzo dużą dokładność (błąd mniejszy od 1,0%). Powyższy model pomimo swojej niskiej efektywności, może natomiast znaleźć zastosowanie w przypadku szacowania *SDR* według wzoru 2.2.4. do uzupełnienia brakujących wymaganych dni pomiarowych.

W przypadku danych pochodzących z firmy *Traxelektronik*, ze względu na 10 minutowy okres pomiarowy, zdecydowano się na uzupełnienie brakujących danych przy wykorzystaniu tzw. „indeksowanego” pomiaru ruchu *F* („Factored” traffic count) [1] według wzoru 3.1.3. Metoda ta może być stosowana przy wskaźniku kompletności *C* (wzór 2.3.2) większym niż 75% oraz przy losowym rozłożeniu brakujących danych w dniach i w roku. W pracy zastosowano ją do wyznaczenia natężenia godzinowego przy braku danych pochodzących z jednego lub dwóch dziesięciminutowych, okresów pomiarowych. W tab. 3.12 przedstawiono procentowy udział uzupełnionych danych w poszczególnych stacjach pomiarowych, w kolejnych latach.

Ponadto zdecydowano, że dane we wszystkich analizach z brakującym natężeniem ruchu w okresie godziny lub dwóch będą uzupełniane poprzez interpolację liniową i traktowane jako kompletne.

$$F = \left(\frac{n_{dostępne}}{C_n [\%]} \right) [P/h] \quad (3.1.3)$$

gdzie: $n_{dostępne}$ – rzeczywiste pomierzone natężenie ruchu w jednej godzinie (maksymalnie z 6 okresów dziesięciminutowych),

$C_n [\%]$ – wskaźnik kompletności $n_{dostępne}$ (w przypadku braku pomiaru z 10 minut wynosi $\frac{5}{6}$, a w przypadku braku 20 minut $\frac{4}{6}$).

Tab. 3.12. Udział uzupełnionych danych w stacjach pomiarowych firmy *TE* w latach 2010 – 2008

numer punktu	Lokalizacja stacji pomiarowej	procentowy udział uzupełnionych danych w kolejnych latach		
		2010	2009	2008
TE1	Biała Podlaska	2,0		
TE5	Buszkowo		8,1	
TE6	Dulowa	1,9		
TE8	Głogoczów 1	2,4		
TE12	Gwóźdź	5,8		
TE13	Hebdów	2,0		
TE14	Izbica	6,1		
TE17	Karolewo	2,2		
TE28	Pobiednik	6,1	6,6	
TE29	Przemków	7,6		7,1
TE31	Rychnowy	2,1		
TE35	Tęgoborze-Just	11,8		
TE38	Wieżyca	6,5	10,7	
TE39	Witowice Dolne	6,4	6,4	
TE41	Wolcza Mała	10,4		
TE43	Żyrzyn		10,9	

3.2. Dane pochodzące z Generalnego Pomiaru Ruchu na drogach krajowych w roku 2000, 2005 i 2010

Na potrzeby badań prowadzonych w niniejszej pracy wykorzystano dane zbierane w ramach Generalnego Pomiaru Ruchu, na sieci dróg krajowych, w roku 2000, 2005 oraz 2010 (punkt 2.1.1). W pierwszym etapie tworzenia bazy danych, w przypadku lat 2000 i 2005 konieczne było przetworzenie udostępnionych przez GDDKiA źródłowych danych ruchowych (natężenia godzinowe z uwzględnieniem struktury kierunkowej i rodzajowej) na format umożliwiający dalsze analizy. Dokonano tego przy wykorzystaniu programów firmy *TRANSPROJEKT - WARSZAWA* (*GPR_KRAJ* oraz *GPR2005*). Do dalszych analiz wykorzystano dane pochodzące z dwóch całodobowych pomiarów (środowo-czwartkowych) w punktach typu *B*, *C*, i *D* oraz w przypadku roku 2005 i 2010 dodatkowo typu *A* (zgodnie z p. 2.1.1). Pomiar ten odbył się w roku 2000 w dniach 24-25.05 oraz 27-28.09 (w 851 punktach), w roku 2005 w dniach 18-19.05 oraz 21-22.09 (w 1290 punktach) natomiast w roku 2010 dla punktów typu *F* i *H* w jednym z terminów majowych tj. 12-13.05 lub 19-20.05 i jednym wrześniowym tj. 22-23.09 lub 29-30.09, a w przypadku punktów *G* tylko w jednym z terminów wrześniowych (łącznie w 1793 punktach). Ze względu na bardzo obszerny zakres uzyskanych danych (zakres przestrzenny pomiarów w kolejnych latach oraz legenda do typów odcinków zamieszczone jest na stronie internetowej GDDKiA [133]) do analiz wykorzystano makra programu *Excel*.

3.3. Dane pochodzące z Pomiaru Ruchu na drogach wojewódzkich w roku 2005 i 2010

W pracy wykorzystano dane zbierane w ramach Pomiaru Ruchu, na sieci dróg wojewódzkich, w roku 2005 oraz 2010 (opis w p. 2.1.2). Niestety nie wszystkie oddziały dysponują danymi archiwalnymi i to zarówno w formie przetworzonej (elektronicznej) jak i źródłowej papierowej. Dlatego też nie udało się uzyskać danych z 2000 roku, a z 2005 dane uzyskano jedynie z 9 województw (lubelskiego, łódzkiego, małopolskiego, mazowieckiego, opolskiego, podkarpackiego, pomorskiego, warmińsko-mazurskiego i zachodniopomorskiego). W przypadku danych zapisanych w formie elektronicznej z 2005 roku, konieczne było w pierwszej kolejności przekształcenie ich (przy wykorzystaniu programu *PDW2005*) na pliki tekstowe i następnie wczytanie do arkusza programu *Excel*. W przypadku wersji papierowej, ręcznie przepisano od razu do arkusza programu *Excel*. Ostatecznie do analiz wykorzystano dane pochodzące z jednego całodobowego pomiaru z odcinków pomiarowych typu *P* (p. 2.1.2). Pomiar ten odbył się w roku 2005 w dniach 21-22.09 lub 28-29.09 (środa/czwartek), a w roku 2010 w dniach 22-23.09 lub 29-30.09 (środa/czwartek). W ten sposób uzyskano bazę danych zawierającą w 2005 roku łącznie 372

punkty oraz w 2010 łącznie 1208 punktów. Lokalizacja punktów pomiarowych w kolejnych latach dostępna jest na oficjalnych stronach internetowych poszczególnych oddziałów ZDW.

3.4. Uzupełniające pomiary natężeń ruchu na wybranych odcinkach dróg wojewódzkich

Przy wyborze miejsc pomiarów uzupełniających, ze względu na dostępne dane ruchowe z pomiarów ciągłych oraz cyklicznych realizowanych głównie na drogach krajowych, zdecydowano się skupić na drogach wojewódzkich. W ich obrębie, w ramach pomiaru ruchu przeprowadza się tylko jeden całodobowy pomiar w przekroju drogi. Ponadto nie prowadzi się obecnie jakichkolwiek pomiarów ciągłych. Dlatego też wytypowano trzy miejsca w województwie małopolskim gdzie zlokalizowano stacje pomiarów ciągłych. Są to: odcinek DW969 w miejscowości Waksmund, DW780 w miejscowości Alwernia oraz DW794 w miejscowości Trojanowice. Dodatkowo wybrano dwa miejsca do przeprowadzenia tygodniowych ręcznych pomiarów ruchu. Są to: odcinek DW791 w miejscowości Klucze oraz DW 965 w miejscowości Laskowa. Pomiary zostały przeprowadzone odpowiednio w dniach 23 -30.09 oraz 25.09 – 01.10.2010 r. Poligony pomiarowe dobrano ze względu na charakter przenoszonego ruchu, ukształtowanie terenu oraz powiązanie przestrzenne (położenie w stosunku do sąsiednich miast, obszarów przemysłowych). DW780 i DW794 charakteryzują się odpowiednio ruchem gospodarczym, terenem płaskim oraz dojazdem do dużego miasta, DW969 - odpowiednio ruchem turystycznym, terenem górzystym oraz połączeniem dwóch małych miast (Nowy Targ – Stary Sącz). Natomiast DW791 i DW965 - odpowiednio ruchem gospodarczym, terenem płaskim oraz w przypadku DW791 z obszarem związanym z przemysłem, a DW965 połączeniem dwóch małych miast (Bochnia – Limanowa). Na rys. 3.9 przedstawiono lokalizację wszystkich stacji pomiarów własnych.

Automatyczna rejestracja danych ruchowych odbywała się przy wykorzystaniu urządzenia *DLP-10* firmy *TELWAY* wraz z modemem *GPRS* umożliwiającym podgląd danych w czasie rzeczywistym. Urządzenia *DLP-10* [62] przystosowane są do współpracy z dwoma pętłami indukcyjnymi i umożliwiają monitorowanie parametrów ruchu na pojedynczym pasie. Mogą pracować w trybie pomiaru i rejestracji danych indywidualnych lub agregacji danych i wyznaczania statystyk ruchu. W zależności od wybranego trybu pracy urządzenie zbiera albo pojedyncze dane dotyczące czasu przejazdu, prędkości oraz klasy pojazdów, zgodnie z wybranym przez użytkownika schematem klasyfikacji (5+1 lub 8+1) lub w formie zagregowanej w dowolnym interwale czasowym. Zarchiwizowane w urządzeniu *DLP-10* dane indywidualne w procesie pobierania danych są eksportowane do pliku tekstowego a następnie do arkusza *Excel*.



Rys. 3.9. Mapa lokalizacji stacji pomiaru automatycznego oraz ręcznego

Łącznie przeanalizowano bazę danych składającą się z 35.137.800 pomiarów godzinowych z czego do szczegółowych, problemowych analiz wyselekcjonowano 17.437.872 godzin.

4. ANALIZA I CHARAKTERYSTYKA ZMIENNOŹCI NATEŻEŃ W RÓŻNYCH OKRESACH

Do analiz zmiennoŹci sezonowej i tygodniowej wykorzystano dane pochodzące z cięgłego pomiaru ruchu ze stacji *Golden River* z lat 2000 – 2010, ze stacji firmy *Traxelektronik* z lat 2008 – 2010 oraz z własnych pomiarów uzupełniających opisanych w rozdziale 3. Do analiz uŹyto wyłacznie danych posiadających wymaganą liczbę dni pomiarowych tzn. na poziomie kaŹdego miesiąca minimum 7 dni, przy czym reprezentowany musi być kaŹdy z dni tygodnia. W przypadku zmiennoŹci dobowej analizy prowadzono na danych pochodzących ze stacji *Golden River* z 2010 roku, z *GPR*, z *PR* oraz pomiarów uzupełniających. We wszystkich przypadkach analizy prowadzono dla przekroju drogi (kierunki 1+2), odpowiednio dla kierunku 1 i 2 oraz w podziale na ogół pojazdów, pojazdy cięŹkie i pojazdy lekkie. W celu ujednolicenia danych w przypadku zmiennoŹci tygodniowej i sezonowej analizy prowadzono na udziałach natężeń dobowych w średnim dobowym ruchu w roku (*SDR*) a w przypadku zmiennoŹci dobowej na udziałach natężeń poszczególnych godzin w natęŹeniu dobowym.

4.1. Średni Dobowy Ruch

Średni dobowy ruch w roku (*SDR*) wyznaczono według *metody 1* (wzór 2.2.3) oraz *metody 2* (wzór 2.2.4). W celu okreŹlenia dokłađnoŹci szacowania *SDR* w poszczególnych przypadkach (z rozróźnieniem struktury rodzajowej i kierunkowej) wyliczono średni bezwzglęđny błąd procentowy (*MAPE* wzór 2.6.10), średni błąd procentowy (*MPE* wzór 2.6.9) oraz wskaźnik kompletnoŹci *C* (wzór 2.3.2). W tab. 4.1 przedstawiono przykłađowe wyniki dla stacji *Golden River* z roku 2010. UŹyte skróty oznaczają: *o* – ogół pojazdów, *l* – pojazdy lekkie, *c* – pojazdy cięŹkie, *p* – przekrój drogi, *k1* – kierunek 1, *k2* – kierunek 2, *m1* – *metoda 1* oraz *m2* – *metoda 2*. Przykłađowo skrót „*SDR_{opm2}*” oznacza, *SDR* wyznaczony dla ogółu pojazdów, w przekroju drogi, według *metody 2*. PoniewaŹ przeprowadzone analizy w roku 2010 wykazały, Źe dokłađnoŹć szacowania *SDR* róźni się nieznaczenie w przypadku przekroju drogi oraz kierunków 1 i 2, dalsze zestawienia wykonano tylko dla przekroju drogi. W tab. 4.2 zestawiono średnie wielkoŹci *MAPE* i *MPE* wyliczone ze wszystkich stacji w kolejnych latach oddzielnie dla stacji *Golden River* oraz *Traxelektronik*.

Tab. 4.1. Średnia dokładność szacowania $SDR_{metoda2}$ względem $SDR_{metoda1}$ - rok 2010

st. nr	wskaźnik C (wzór 2.3.2.) [%]	błąd procentowy [%]								
		SDR _{opm2} względem SDR _{opm1}	SDR _{ok1m2} względem SDR _{ok1m1}	SDR _{ok2m2} względem SDR _{ok2m1}	SDR _{ipm2} względem SDR _{ipm1}	SDR _{ik1m2} względem SDR _{ik1m1}	SDR _{ik2m2} względem SDR _{ik2m1}	SDR _{cpm2} względem SDR _{cpm1}	SDR _{ck1m2} względem SDR _{ck1m1}	SDR _{ck2m2} względem SDR _{ck2m1}
		1	100	0,07	0,05	0,09	0,11	0,10	0,14	-0,01
2	100	0,17	0,27	0,02	0,27	0,38	0,16	0,02	0,02	0,03
4	68	-1,99	-2,59	-0,18	-2,59	-2,60	-2,59	-0,18	-0,26	-0,16
5	100	0,15	0,14	0,16	0,20	0,17	0,22	-0,09	-0,02	-0,08
6	93	-2,78	-3,28	-0,66	-3,28	-3,05	-3,49	-0,66	-0,66	-0,73
9	100	0,13	0,11	0,15	0,13	0,09	0,18	0,10	0,17	0,04
10	97	-0,25	0,12	-2,10	0,12	0,03	0,20	-2,10	-2,07	-2,13
11	100	-0,05	-0,06	-0,04	-0,12	-0,14	-0,09	0,13	0,14	0,11
12	97	-0,20	-0,23	-0,10	-0,23	-0,50	0,04	-0,10	-0,25	0,02
13	95	0,02	-0,02	0,07	0,03	-0,01	0,09	-0,05	-0,09	-0,12
14	97	0,01	0,09	-0,25	0,09	0,07	0,14	-0,25	-0,33	-0,25
15	90	-0,59	-0,63	-0,57	-0,43	-0,48	-0,38	-1,23	-1,18	-1,27
16	100	0,29	0,33	0,12	0,33	0,46	0,21	0,12	0,16	0,09
17	98	-0,01	-0,08	0,08	0,04	-0,04	0,13	-0,24	-0,30	-0,10
21	94	-0,41	-0,65	-0,18	-0,15	-0,33	0,02	-0,71	-1,02	-0,40
22	99	0,42	0,63	-0,10	0,63	0,66	0,60	-0,10	-0,14	-0,06
23	97	0,61	0,67	0,56	0,69	0,75	0,62	-0,05	-0,02	-0,08
26	88	-0,30	-0,53	0,50	-0,53	-0,65	-0,42	0,50	0,48	0,51
27	92	-1,14	-1,09	-1,18	-1,97	-1,69	-2,22	-0,14	-0,39	0,09
28	99	0,17	0,18	0,13	0,18	0,21	0,17	0,13	0,09	0,17
29	100	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,11	0,09	0,12
31	99	-0,75	-0,61	-0,89	-0,75	-0,58	-0,91	-0,77	-0,75	-0,79
33	100	0,11	0,10	0,19	0,10	0,07	0,13	0,19	0,19	0,18
34	99	0,10	0,15	0,04	0,13	0,20	0,06	-0,08	-0,08	-0,07
37	99	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,01	0,13	0,14	0,13
40	99	0,39	0,31	0,47	0,44	0,35	0,57	0,30	0,25	0,30
41	100	0,04	0,08	0,01	0,08	0,04	0,06	0,01	0,04	0,02
MPE		-0,21	-0,24	-0,13	-0,23	-0,23	-0,23	-0,19	-0,21	-0,16
MAPE		0,42	0,49	0,33	0,51	0,51	0,52	0,31	0,35	0,30

Tab. 4.2. Średnia dokładność szacowania $SDR_{metoda2}$ względem $SDR_{metoda1}$ w przekroju drogi – stacje Golden River i Traxelektronik

Rok analizy	błąd procentowy [%] - stacje Golden River						błąd procentowy [%] - stacje Traxelektronik					
	ogół pojazdów		pojazdy lekkie		pojazdy ciężkie		ogół pojazdów		pojazdy lekkie		pojazdy ciężkie	
	MPE	MAPE	MPE	MAPE	MPE	MAPE	MPE	MAPE	MPE	MAPE	MPE	MAPE
2010	-0,21	0,42	-0,23	0,51	-0,19	0,31	0,61	0,74	0,67	0,84	0,63	1,17
2009	-0,75	1,05	-0,69	1,14	-0,77	0,90	0,31	0,32	0,33	0,42	-0,05	0,19
2008	-0,12	0,20	-0,08	0,20	-0,12	0,34	0,27	0,27	0,66	0,66	-0,11	0,11
2007	-0,22	0,37	-0,17	0,39	-0,33	0,47						
2006	-0,15	0,49	-0,07	0,54	-0,37	0,54						
2005	-0,04	0,66	-0,06	0,82	0,06	0,61						
2004	0,39	0,63	0,41	0,65	0,33	0,59						
2003	-0,21	0,39	-0,08	0,44	-0,33	0,47						
2002	0,38	1,07	0,42	1,08	0,24	1,03						
2001	0,05	0,37	0,12	0,39	-0,21	0,40						
2000	0,59	0,59	0,71	0,71	0,12	0,22						

Ponadto w celu określenia okresów o najmniejszej zmienności ruchu w roku i dobie, wyznaczono współczynnik zmienności natężeń: dobowych w miesiącach w roku i dniach w tygodniu oraz godzinowych w dobie - ε (wzór 4.1.1) wraz z rankingiem.

$$\varepsilon = \left(\frac{\sigma}{\hat{y}}\right) \times 100 \quad [\%] \quad (4.1.1)$$

gdzie: ε – współczynnik zmienności badanej cechy ruchu,

σ – odchylenie standardowe badanej cechy ruchu (natężenie dobowe lub udział natężenia godzinowego w dobie),

\hat{y} – wartość przeciętna badanej cechy ruchu (*SDR*, średnie natężenie dobowe danego dnia tygodnia/miesiąca w roku lub średnia wartość udziału danej godziny w dobie w odniesieniu do danego dnia tygodnia).

W przypadku dni tygodnia 7 odpowiada dniowi z największą wielkością ε a 1 z najmniejszą, w przypadku miesięcy 12 odpowiada miesiącowi z największą wielkością ε a 1 z najmniejszą, natomiast w przypadku godzin w dobie 24 odpowiada godzinie z największą wielkością ε a 1 z najmniejszą. Analizy prowadzono na przykładzie stacji *Golden River*, dla roku 2010. Przykładowe wyniki dla dni tygodnia przedstawiono w tab. 4.3 i 4.4, pozostałe zamieszczono w załączniku (w przypadku godzin w dobie, tylko dla środy). W celu sprawdzenia jak wielkość natężenia ruchu wpływa na jego zróżnicowanie, wykonano analogiczny ranking dla średnich natężeń dobowych dla poszczególnych dni tygodnia i miesięcy w roku oraz godzin w dobie. Przykładowe wyniki dla dni tygodnia zamieszczono w tab. 4.4, pozostałe (dla miesięcy i godzin) oraz szczegółowe analizy dotyczące zmienności badanej cechy ruchu w odniesieniu do poszczególnych stacji, zamieszczono w załączniku. Dodatkowo, w celu określenia dnia tygodnia i miesiąca w roku o średnim dobowym natężeniu najbardziej zbliżonym do *SDR*, wyznaczono *MAPE* zgodności wartości *SDR* i *SDR_d* oraz *SDR* i *SDR_m* (analizy prowadzono w przekroju drogi dla ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich).

Tab. 4.3. Współczynnik zmienności ε [%] w poszczególnych dniach tygodnia - rok 2010

kierunek	ogół pojazdów						
	poniedziałek	wtorek	środa	czwartek	piątek	sobota	niedziela
1+2	8,9-28,0	6,8-18,4	7,2-18,9	9,4-21,2	7,6-23,6	11,3-49,6	14,6-46,7
1	8,6-28,7	6,4-18,6	7,0-19,8	9,4-23,6	6,9-25,7	11,0-52,8	15,2-41,0
2	9,3-28,8	7,3-18,7	7,7-18,3	9,3-20,7	9,9-22,5	13,4-47,9	14,5-53,1
kierunek	pojazdy lekkie						
	poniedziałek	wtorek	środa	czwartek	piątek	sobota	niedziela
1+2	8,3-35,6	6,8-25,4	7,4-24,9	8,6-26,8	6,2-29,9	12,6-57,6	16,5-52,4
1	8,7-36,1	6,5-25,6	6,5-25,3	7,9-28,8	7,1-32,3	12,1-60,6	17,1-47,5
2	8,9-37,1	6,4-25,6	7,7-24,9	9,9-26,6	9,3-28,9	13,0-56,1	16,8-57,8
kierunek	pojazdy ciężkie						
	poniedziałek	wtorek	środa	czwartek	piątek	sobota	niedziela
1+2	18,6-35,2	9,4-27,3	8,2-27,0	13,0-28,9	12,2-29,1	19,4-32,5	20,2-35,2
1	18,1-51,5	9,2-45,5	7,7-44,7	14,7-49,0	12,6-48,2	20,2-51,3	19,3-52,0
2	19,9-32,4	9,8-27,5	9,1-27,1	14,5-28,7	11,9-29,0	18,1-30,5	20,7-31,5

Tab. 4.4. Ranking ε oraz SDR_d dla poszczególnych dni tygodnia - rok 2010

kierunek	ogół pojazdów													
	poniedziałek		wtorek		środa		czwartek		piątek		sobota		niedziela	
	ε	SDR_d	ε	SDR_d	ε	SDR_d	ε	SDR_d	ε	SDR_d	ε	SDR_d	ε	SDR_d
1+2	5	3	1	4	2	5	4	6	3	7	6	2	7	1
1	5	4	2	5	1	6	3	3	4	7	6	2	7	1
2	5	3	1	4	2	6	3	5	4	7	6	2	7	1
	pojazdy lekkie													
1+2	5	2	1	1	2	5	3	6	4	7	6	3	7	4
1	5	5	2	1	1	4	3	3	4	7	6	2	7	6
2	4	1	1	2	2	6	5	4	3	7	6	5	7	3
	pojazdy ciężkie													
1+2	7	3	2	6	1	7	4	5	3	4	5	2	6	1
1	7	3	2	6	1	7	4	5	3	4	5	2	6	1
2	7	3	2	5	1	7	4	6	3	4	5	2	6	1

Z przeprowadzonych analiz wynikają następujące wnioski:

1. SDR wyliczone według metody 1 oraz metody 2 dają we wszystkich przypadkach zbliżone wyniki (tab. 4.2). Średni bezwzględny błąd procentowy ($MAPE$) ze wszystkich stacji w kolejnych latach mieści się w przedziale 0,20% – 1,17% (tab. 4.1 i 4.2). Przy czym im wyższa jest wartość wskaźnika C (kompletności danych) tym błąd szacowania mniejszy (w przypadku ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich uzyskano zależność regresyjną o wartość współczynnika determinacji R^2 w zakresie 0,68 – 0,83). W związku z tym za rzeczywisty SDR i tym samym za punkt odniesienia w dalszych analizach uznano SDR wyliczony według metody 2,
2. Wartość współczynnika zmienności ε badanej cechy ruchu, zależy w dużym stopniu od struktury rodzajowej oraz w mniejszym od struktury kierunkowej. Najmniejszy przedział wartości ε (dla całego roku, w odniesieniu do SDR) wynoszący 11,8% – 31,3% uzyskano dla ogółu pojazdów w przekroju drogi a największy dla pojazdów ciężkich, na kierunku 1 (o malejącym pikietażu) - 22,5% – 62,7%. W odniesieniu do poszczególnych dni tygodnia uzyskano współczynnik zmienności ε (dla całego roku, w odniesieniu do średniego natężenia dobowego danego dnia tygodnia): w przypadku ogółu pojazdów oraz pojazdów lekkich najmniejszy dla okresu od wtorku do czwartku a największy dla soboty i niedzieli, natomiast dla pojazdów ciężkich najmniejszy dla wtorku, środy i piątku a największy dla poniedziałku i niedzieli (tab. 4.3 i 4.4). W odniesieniu do poszczególnych miesięcy w roku uzyskano współczynnik zmienności ε (dla całego roku, w odniesieniu do średniego natężenia dobowego danego miesiąca w roku): dla ogółu pojazdów – najmniejszy dla VII - X a największy dla I, IV, XII; dla pojazdów lekkich – najmniejszy dla III, IX, X a największy dla I, IV, XII; dla pojazdów ciężkich najmniejszy dla II, III, VII, IX a największy dla I, IV, XII. W odniesieniu do poszczególnych godzin w dobie uzyskano współczynnik zmienności ε (dla całego roku, w odniesieniu do średniej wartości udziału danej

godziny w dobie w odniesieniu do danego dnia tygodnia): we wszystkich przypadkach najmniejszy w godzinach 9:00-18:00, a największy w godzinach 23:00-6:00.

Wyniki te wskazują że najlepszym okresem wykonywania pomiarów ze względu na najmniejszą zmienność ruchu w roku jest miesiąc wrzesień, dzień środa oraz godziny pomiędzy 9:00 a 18:00. W tym okresie natężenia dobowe są najmniej zróżnicowane między sobą bez względu na rodzaj pojazdów czy kierunek ruchu, a natężenia godzinowe wykazują najmniejsze zróżnicowanie,

3. Brak zależności pomiędzy wielkością przeciętnych wartości natężeń ruchu (dobowych, godzinowych) a strukturą rodzajową i kierunkową. Dla ogółu pojazdów największe wartości natężeń uzyskano dla okresu od środy do piątku a najmniejsze dla okresu od soboty do poniedziałku; dla pojazdów lekkich w przekroju drogi największe dla okresu od środy do piątku a najmniejsze dla poniedziałku, wtorku i soboty; dla pojazdów ciężkich największe dla okresu od wtorku do czwartku a najmniejsze dla okresu od soboty do poniedziałku (tab. 4.4). W przypadku poszczególnych miesięcy w roku największe wartości uzyskano: dla ogółu pojazdów oraz pojazdów lekkich w miesiącach IV – IX a najmniejsze w miesiącach I - III i XII; dla pojazdów ciężkich największe w miesiącach VII – X a najmniejsze w miesiącach I, II, IV i XII. W przypadku poszczególnych godzin w dobie we wszystkich przypadkach największe wartości natężeń uzyskano w godzinach 8:00-18:00, a najmniejsze 22:00-5:00. Wynika z tego, że wielkość natężeń nie wpływa na wybór optymalnego dnia pomiarowego,
4. Najbardziej zbliżone do *SDR* wartości średnich natężeń dobowych uzyskano w przypadku: dni tygodnia dla ogółu pojazdów w poniedziałek - czwartek, dla pojazdów ciężkich w poniedziałek, czwartek i piątek, dla miesięcy w roku zarówno dla ogółu pojazdów jak i pojazdów ciężkich w III – V i XI. Najbardziej odbiegające od *SDR* wartości średnich natężeń dobowych uzyskano w przypadku: dni tygodnia dla ogółu pojazdów w piątek i niedzielę, dla pojazdów ciężkich w sobotę i niedzielę, dla miesięcy w roku dla ogółu pojazdów w I, VII, VIII, dla pojazdów ciężkich w I, II i X.

4.1.1. Wskaźnik wzrostu ruchu

Ważnym elementem charakterystyki zmienności natężeń ruchu jest określenie jego wzrostu w kolejnych latach. W tab. 4.5 przedstawiono wskaźniki wzrostu ruchu (wzór 4.1.2) w poszczególnych punktach pomiarowych w odniesieniu do przekroju drogi oraz w tab. 4.6 średnie wartości wskaźnika w kolejnych latach dla wszystkich punktów pomiarowych. Szczegółowe zestawienia wskaźników w rozbiciu na kierunki ruchu zamieszczono w załączniku. Z obliczeń wyłączono w 2010 roku stację pomiarową numer 10 (zlokalizowaną w miejscowości Krzyżanowice) dla której uzyskano spadek ruchu -16,2% (ogół pojazdów), znacznie odbiegający od wartości średniej.

$$wr = \left(\frac{SDR_k - SDR_p}{SDR_p} \right) \times 100 \quad [\%] \quad (4.1.2.)$$

gdzie: wr - wskaźnik wzrostu ruchu, SDR_k - SDR roku kolejnego, SDR_p - SDR roku poprzedniego.

Tab. 4.5. Wskaźniki wzrostu ruchu [%] - stacje Golden River

st nr	ogół pojazdów - przekrój drogi										pojazdy lekkie - przekrój drogi										pojazdy ciężkie - przekrój drogi													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009				
1			4.2	12.0			5.9	2.9	-0.3	3.9			2.8	5.8			6.4	0.5	5.7	0.7			7.7	27.0			4.9	7.0	-10.1	10.1				
2			7.3	21.3			1.6	10.3	-4.8	3.5			2.8	6.2			9.5	5.6	8.7	-1.5			17.9	52.6			-6.7	16.2	-19.9	11.1				
3										2.5									5.4											-3.3				
4		8.7	4.4	5.8	3.8	5.0	8.3						8.5	4.0	4.5	3.5	4.7	7.5							9.3	6.0	9.8	4.6	5.9	10.7		-11.6		
5			9.0				5.8							8.6											10.3									
6																																		
9								7.7	2.8	1.7																			7.6	-2.9	-3.6			
10	0.1	7.0	3.4	9.1	5.1	4.0	5.2	5.4	4.7	-16.2	0.7	6.9	3.7	7.3	4.7	2.6	4.7	5.0	6.3	-11.8	-2.3	7.5	2.2	16.4	6.8	9.3	7.0	7.0	-0.6	-32.7				
11		2.5	2.8	3.6						4.0		1.4	2.3	2.3							2.1										9.8			
12		6.1	1.9	3.0			6.4	2.4				4.7	1.4	2.7				5.9	38.5						10.7	3.3	3.8							
13								-7.5	5.1	0.0									-8.2	4.4	2.0								-1.9	9.9	-13.4			
14		7.7			3.2	3.5	5.8	3.8	2.1	4.6	5.4				3.3	3.2	6.1	5.1	4.1	2.8	14.9			2.8	4.3	5.1	0.2	-4.0	10.3					
15								4.6	2.3	0.9									5.5	4.0	-0.7								1.2	-4.2	7.2			
16			2.8	3.8				2.8	11.1	4.8			4.5	3.5					2.6	15.2	0.9													
17			6.0	-1.2	1.5	8.1				3.3			4.5	-2.3	1.7	8.2					2.1				-4.1	5.4			3.5	-5.8	24.7			
18				1.3	5.5	7.4								0.9	4.7	7.8									4.0	10.3	5.4				9.0			
19					7.4	11.0	8.0	4.2						7.1	9.7	7.8	4.9									9.0	18.4	8.9	0.9					
20		7.0			4.9	0.7	8.2	3.2	7.5		10.1			-9.9	4.4	23.4	4.8	7.5							62.7	-7.4	-28.8	-3.7	7.2					
21					9.7	14.0	5.6	-6.1	4.6					4.9	10.6	1.3	-0.9	2.0								16.3	18.2	10.6	-11.7	7.7				
22			3.0	2.5	2.2	3.4							-31.4	-62.5	-2.5	-1.5									90.5	62.1	3.2	4.4						
23		4.2					3.3	3.6	-0.4	0.5		5.2					5.1	3.2	0.3	-0.9				-2.5										
26																																		
27					33.8	28.2			-3.3	4.9																84.7	39.5			-11.6	8.4			
28						5.3									8.8	18.7																		
29	0.4				5.5						0.3				4.9																			
30	4.9	5.6	3.6	1.9	5.0	1.0	9.8	0.1	-5.1		4.8	5.4	3.1	1.6	4.1	-0.2	11.0	0.7	-3.8					5.3	6.7	5.7	3.1	9.3	6.6	4.5	-2.5	-11.1		
31				3.1	2.0	4.1	4.9	4.3	1.7	-1.8				3.1	0.9	3.6	4.7	4.7	2.3	-3.4					3.5	8.7	6.6	5.7	2.0	-1.9	8.1			
33					7.2	7.7				2.4						6.4	7.5																	
34																																		
36					65.5	29.1	21.6	11.5	3.6						48.6	15.4	20.8	12.5	10.3							121.3	59.6	22.8	9.9	-7.3				
37								6.7	-1.6																									
38																																		
40						19.4	2.4	-2.9	5.9								7.6	3.0	5.2	0.9								43.0	1.4	-15.3	15.4			
41										4.2																								17.8

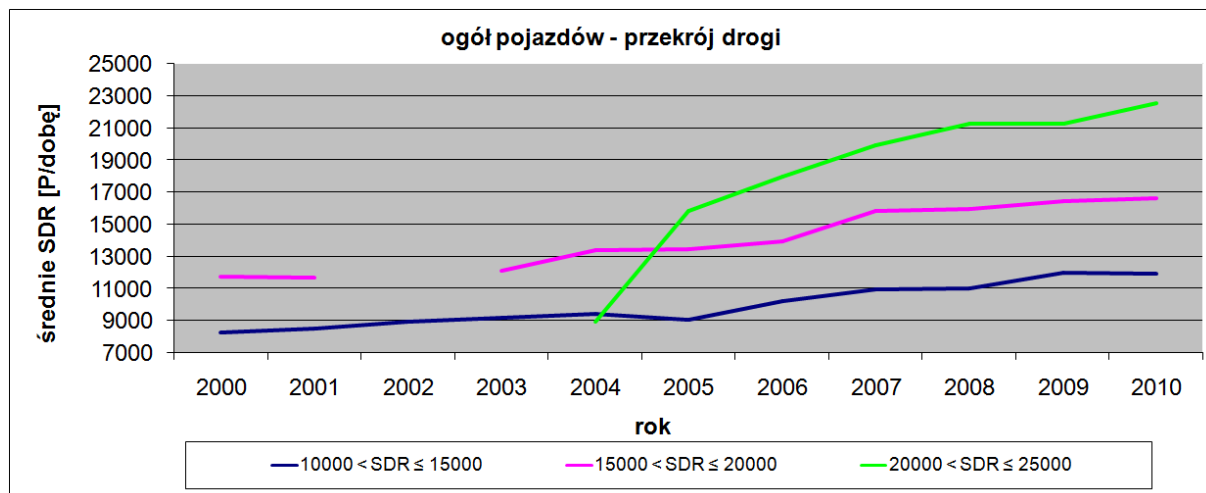
Tab. 4.6. Przeciętne wskaźniki wzrostu ruchu [%] - stacje Golden River

kierunek	ogół pojazdów										pojazdy lekkie										pojazdy ciężkie									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1+2	1.8	6.1	4.4	6.5	10.4	7.6	8.7	4.2	1.7	2.2	1.9	6.0	-0.3	-1.8	5.3	5.5	9.2	5.9	4.9	-0.2	1.5	5.9	16.5	17.9	25.2	12.1	7.3	4.7	-4.1	7.6
1	1.6	6.3	4.8	6.5	10.8	7.6	8.6	4.2	1.2	2.1	1.8	6.0	0.1	-1.9	5.5	5.0	9.2	4.7	4.5	0.1	0.8	6.4	17.6	18.8	25.7	13.1	6.8	4.9	-4.2	6.2
2	2.1	5.9	4.1	6.3	10.0	7.6	8.8	4.1	1.3	3.1	2.1	5.9	-0.6	-1.9	5.0	6.1	9.2	3.6	4.3	0.6	2.3	5.4	16.1	16.8	24.8	11.7	7.8	4.4	-3.9	8.9

Z analiz wynika, że wskaźnik wzrostu ruchu zależy w dużym stopniu od udziału pojazdów ciężkich, od lokalizacji stacji pomiarowej oraz w mniejszym od rozkładu kierunkowego ruchu (tab. 4.5 i 4.6). Na podstawie ograniczonych danych (z 27 stacji – w pozostałych brak danych w kolejnych latach) szacuje się, że w przypadku ogółu pojazdów występuje ciągły, o zróżnicowanym tempie wzrost ruchu od roku 2000. W przypadku pojazdów lekkich szacuje się że w latach 2003, 2004 i 2010 oraz w przypadku pojazdów ciężkich w roku 2009 nastąpił spadek ruchu a w pozostałych latach wzrost. Zauważalny jest także w przypadku ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich spadek dynamiki wzrostu po 2005 roku. Na rys. 4.1 przedstawiono orientacyjny wykres wzrostu ruchu dla ogółu pojazdów, w latach 2000 – 2010, w trzech zakresach SDR . Charakterystyczne jest duże tempo wzrostu

ruchu w latach 2004 – 2008 na drogach z najwyższymi natężeniami ($SDR = 20000 - 25000$ P/d).

Ponadto przeprowadzone analizy wskazują na praktyczną potrzebę określenia charakterystyk zmienności SDR (znaczne zróżnicowanie w obrębie jednej stacji w kolejnych latach oraz pomiędzy stacjami), które urealnią wartość szacowanego SDR w roku innym niż były wykonywane pomiary.



Rys. 4.1. Wzrost ruchu na drogach krajowych w latach 2000 - 2010

4.1.2. Wpływ dni ustawowo wolnych od pracy

W celu określenia wpływu na SDR w roku 2010 dni ustawowo wolnych od pracy analizy prowadzono w podziale na trzy grupy tj.: pierwsza - wszystkie dni w roku, druga - bez dni ustawowo wolnych od pracy oraz trzecia - bez dni ustawowo wolnych od pracy wraz z dniami bezpośrednio z nimi związanymi tzw. cały „okres” dni wolnych od pracy (wg tab. 4.7). Dni obejmujące cały „okres” zostały określone po szczegółowych analizach zmienności dobowej jako znacząco odbiegające od wartości przeciętnych.

Tab. 4.7. Wykaz dni ustawowo wolnych od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanych w 2010 roku

Dni ustawowo wolnych od pracy w 2010 roku	dni ustawowo wolne od pracy	cały "okres" dni wolnych od pracy
Nowy Rok	01.01.	01.01 - 03.01.
pierwszy dzień Wielkiej Nocy	04.04.	02.04 - 06.04.
drugi dzień Wielkiej Nocy	05.04.	
Święto Państwowe	01.05.	30.04. - 04.05.
Święto Narodowe Trzeciego Maja	03.05.	
pierwszy dzień Zielonych Świątek	23.05.	21.05. - 24.05.
dzień Bożego Ciała	03.06.	02.06. - 07.06.
Wniebowzięcie Najświętszej Maryi Panny	15.08.	13.08. - 16.08.
Wszystkich Świętych	01.11.	29.10. - 02.11.
Narodowe Święto Niepodległości	11.11.	10.11. - 15.11.
pierwszy dzień Bożego Narodzenia	25.12.	24.12. - 31.12.
drugi dzień Bożego Narodzenia	26.12.	

W pierwszej kolejności obliczono w poszczególnych grupach wartości SDR oraz ε a następnie obliczono różnicę według wzoru 4.1.3. Z analiz wyeliminowano stację nr 4 ponieważ po usunięciu dni wolnych od pracy oraz z nimi związanymi, nie uzyskano minimalnej wymaganej ich liczby. W tab. 4.8 przedstawiono przykładowe wyniki dla ogółu pojazdów oraz w tab. 4.9 średnie wartości różnic dla wszystkich stacji *Golden River* w 2010 roku.

$$r = \left(\frac{W_{dw/co} - W_{rok}}{W_{rok}} \right) \times 100 \quad [\%] \quad (4.1.3)$$

gdzie: r - różnica między wartością SDR lub ε wyznaczoną dla wszystkich dni w roku a wartością wyznaczoną z pominięciem dni ustawowo wolnych lub całego wolnego „okresu”, W_{rok} - wartość SDR lub ε wyznaczona dla wszystkich dni w roku, $W_{dw/co}$ - wartość SDR lub ε wyznaczona z pominięciem odpowiednio: dni ustawowo wolnych lub całego wolnego „okresu”.

Tab. 4.8. Różnica [%] pomiędzy SDR wyznaczonym dla wszystkich dni w roku a: – bez dni ustawowo wolnych, – bez dni ustawowo wolnych wraz z dniami bezpośrednio z nimi związanymi

numer punktu	ogół pojazdów															
	SDR [P/d]			SDR [P/d] bez dni wolnych			SDR [P/d] bez całego "okresu" wolnego			(SDR _{bez dni wolnych} - SDR)/SDR [%]			(SDR _{bez całego "okresu"} - SDR)/SDR [%]			
	przekrój	kier. 1	kier. 2	przekrój	kier. 1	kier. 2	przekrój	kier. 1	kier. 2	przekrój	kier. 1	kier. 2	przekrój	kier. 1	kier. 2	
1	13640	6686	6953	13770	6753	7016	13859	6786	7073	0,95	1,00	0,91	1,61	1,50	1,73	
2	6747	3246	3501	6771	3259	3512	6778	3264	3514	0,36	0,40	0,31	0,46	0,55	0,37	
4																
5	12913	6546	6367	13047	6609	6437	13100	6637	6463	1,04	0,96	1,10	1,45	1,39	1,51	
6	17080	8580	8500	17134	8590	8544	17094	8580	8513	0,32	0,12	0,52	0,08	0,00	0,15	
9	17409	8701	8708	17502	8734	8768	17442	8710	8732	0,53	0,38	0,69	0,19	0,10	0,28	
10	7266	3672	3594	7293	3680	3613	7354	3705	3649	0,37	0,22	0,53	1,21	0,90	1,53	
11	26052	13016	13028	26206	13089	13109	26256	13111	13138	0,59	0,56	0,62	0,78	0,73	0,84	
12	11665	5713	5952	11706	5721	5986	11709	5711	5998	0,35	0,14	0,57	0,38	-0,04	0,77	
13	16241	8145	8096	16378	8214	8164	16389	8221	8168	0,84	0,85	0,84	0,91	0,93	0,89	
14	10310	4934	5376	10403	4974	5429	10430	4978	5453	0,90	0,81	0,99	1,16	0,89	1,43	
15	22551	11178	11374	22715	11254	11461	22762	11270	11493	0,73	0,68	0,76	0,94	0,82	1,05	
16	11626	5744	5882	11677	5774	5903	11659	5778	5881	0,44	0,52	0,36	0,28	0,59	-0,02	
17	16128	8210	7917	16280	8281	7999	16327	8303	8023	0,94	0,86	1,04	1,23	1,13	1,34	
21	17518	8672	8846	17697	8761	8936	17768	8787	8982	1,02	1,03	1,02	1,43	1,33	1,54	
22	10659	5346	5313	10736	5385	5351	10722	5382	5340	0,72	0,73	0,72	0,59	0,67	0,51	
23	38535	19266	19269	38727	19366	19360	38752	19403	19349	0,50	0,52	0,47	0,56	0,71	0,42	
26	24488	12182	12306	24817	12354	12463	24949	12422	12527	1,34	1,41	1,28	1,88	1,97	1,80	
27	21903	10579	11324	22125	10684	11442	22226	10730	11496	1,01	0,99	1,04	1,47	1,43	1,52	
28	15640	7813	7826	15780	7886	7894	15815	7899	7916	0,90	0,93	0,87	1,12	1,10	1,15	
29	16634	8380	8254	16800	8459	8341	16841	8479	8362	1,00	0,94	1,05	1,24	1,18	1,31	
31	16077	7601	8477	16123	7633	8490	16115	7634	8481	0,29	0,42	0,15	0,24	0,43	0,05	
33	21104	10454	10650	21321	10554	10767	21415	10601	10814	1,03	0,96	1,10	1,47	1,41	1,54	
34	8106	4136	3970	8164	4171	3993	8178	4180	3999	0,72	0,85	0,58	0,89	1,06	0,73	
37	9113	4681	4432	9183	4719	4464	9200	4727	4474	0,77	0,81	0,72	0,95	0,98	0,95	
40	9523	4884	4639	9561	4905	4656	9556	4894	4662	0,40	0,43	0,37	0,35	0,20	0,50	
41	8323	3822	4501	8412	3863	4549	8465	3892	4573	1,07	1,07	1,07	1,71	1,83	1,60	
										MAPE	0,74	0,72	0,76	0,95	0,92	0,98

Tab. 4.9. Maksymalna różnica [%] pomiędzy wartościami wyznaczonymi dla: – wszystkich dni w roku, – bez dni ustawowo wolnych, – bez dni ustawowo wolnych wraz z dniami bezpośrednio z nimi związanymi

	ogół pojazdów			pojazdy lekkie			pojazdy ciężkie		
	1+2	1	2	1+2	1	2	1+2	1	2
(SDR _{bez dni wolnych} - SDR)/SDR [%]	0,74	0,72	0,76	0,43	0,44	0,48	1,99	2,02	1,96
(SDR _{bez całego okresu} - SDR)/SDR [%]	0,95	0,92	0,98	0,64	0,64	0,64	3,45	3,46	3,43
(ε _{bez dni wolnych} - ε)/ε [%]	6,85	6,70	6,67	4,67	5,08	5,09	8,28	7,50	7,63
(ε _{bez całego okresu} - ε)/ε [%]	9,99	11,38	10,71	6,80	8,69	8,53	12,60	11,79	11,87

Jak wynika z przeprowadzonych analiz wpływ dni ustawowo wolnych od pracy na wyznaczoną wartość *SDR* jest nieznaczny w przypadku ogółu pojazdów i pojazdów lekkich (średnie wartości różnic z wszystkich punktów pomiarowych w obu przypadkach nie przekraczają 1,0%). Inaczej kształtują się wyniki w przypadku *SDR* dla pojazdów ciężkich oraz ε we wszystkich odniesieniach, szczególnie w przypadku całego wolnego „okresu”. Dla pojazdów ciężkich średnie wartości różnic *SDR* przekraczają 3,0% a dla ε nawet 12%. Wynika z tego, że wpływ dni ustawowo wolnych od pracy jest niewielki ale nie pomijalny szczególnie w odniesieniu do pojazdów ciężkich.

4.2. Szczegółowa analiza zmienności natężeń ruchu: dobowej, tygodniowej i sezonowej

4.2.1. Z uwzględnieniem rozkładu kierunkowego ruchu

W celu określenia wpływu rozkładu kierunkowego ruchu na zmienność tygodniową i sezonową natężeń ruchu, analizy prowadzono na uśrednionych wartościach udziałów natężeń dobowych poszczególnych miesięcy oraz dni tygodnia w *SDR*. W przypadku zmienności dobowej analizy prowadzono na uśrednionych udziałach poszczególnych godzin w dobie dla każdego dnia tygodnia z wykluczeniem dni ustawowo wolnych od pracy lub dni wolnych oraz dni bezpośrednio z nimi związanych (tzw. cały „okres” wg tab. 4.7). W pierwszej kolejności wyznaczono wyżej wymienione udziały we wszystkich stacjach, w kolejnych latach w rozbiciu na trzy grupy tj.: ogół pojazdów, pojazdy lekkie i ciężkie z uwzględnieniem w każdej z grup natężenia w przekroju drogi oraz kierunkach 1 i 2. W następnej kolejności w każdej z grup (dla każdego roku osobno), wyliczono średnie bezwzględne różnice procentowe (*MAPE*) pomiędzy udziałami wyznaczonymi: dla przekroju drogi i kierunku 1 w odniesieniu do przekroju oraz analogicznie dla kierunku 2. Szczegółowe wyniki dla stacji *Golden River* w 2010 roku na przykładzie zmienności tygodniowej, przedstawiono w tab. 4.10 (na szaro zaznaczono stacje w których także w pozostałych latach średnia *MAPE* dla ogółu przekracza arbitralnie przyjętą wartość 3%) oraz zbiorcze w tab. 4.11 (średnia z *MAPE* dla kierunku 1 i kierunku 2). Pozostałe wyniki zamieszczono w załączniku.

Ze względu na duże różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi dla stacji *Golden River* a *Traxelektronik* (przykładowo średni *MAPE* udziałów poszczególnych miesięcy w *SDR* dla pojazdów ciężkich ponad dziesięciokrotnie większy w przypadku stacji *Traxelektronik*) w dalszych analizach dane pochodzące z *Traxelektronik* wykorzystano tylko w ograniczonym zakresie (ogół pojazdów w przekroju drogi). Tak duże rozbieżności wynikają prawdopodobnie z błędnego przydzielania pojazdów zarówno do danej kategorii jak i kierunku.

Tab. 4.10. MAPE udziałów natężeń dobowych poszczególnych dni tygodnia w SDR na kierunku 1 oraz 2 w odniesieniu do przekroju drogi - stacje Golden River rok 2010

st. nr	kierun.	MAPE [%]																											
		ogół pojazdów								pojazdy lekkie								pojazdy ciężkie											
		pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	śred.	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	śred.	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	śred.				
1	1	6,57	5,33	0,72	2,74	5,76	5,68	1,72	4,07	3,84	1,63	0,51	1,24	3,28	2,08	1,99	2,07	11,16	11,37	2,86	5,19	10,30	13,03	0,07	7,71				
1	2	6,31	5,12	0,68	2,65	5,55	5,47	1,64	3,92	3,76	1,50	0,50	1,21	3,21	2,04	1,95	2,02	10,40	10,60	2,66	4,83	9,60	12,14	0,07	7,19				
2	1	7,85	7,34	0,89	5,52	8,01	8,83	8,66	8,16	3,10	0,83	0,92	1,71	8,25	6,96	12,40	4,88	13,61	14,32	1,50	11,12	7,57	5,81	3,53	8,21				
2	2	7,28	6,80	0,83	5,11	7,43	6,33	6,17	5,71	3,10	0,83	0,92	1,71	8,24	6,96	12,39	4,88	11,41	12,00	1,26	9,32	6,34	4,87	2,96	6,88				
4	1	0,65	0,53	0,30	1,60	2,14	2,30	6,40	1,98	0,09	0,28	0,53	1,41	1,92	1,20	5,75	1,60	2,21	1,96	0,20	2,12	2,94	7,45	17,48	4,91				
4	2	0,63	0,51	0,31	1,49	2,12	2,27	6,27	1,94	0,09	0,28	0,52	1,40	1,91	1,19	5,71	1,59	2,03	1,80	0,25	2,07	2,85	7,13	16,53	4,67				
5	1	1,58	0,35	0,28	0,66	1,78	0,13	1,15	0,83	1,81	0,34	0,36	0,70	1,88	0,20	1,14	0,92	0,57	0,28	0,13	0,18	1,48	6,60	1,58	0,69				
5	2	1,63	0,36	0,29	0,58	1,83	0,13	1,18	0,86	1,86	0,34	0,37	0,72	1,94	0,21	1,17	0,94	0,68	0,37	0,04	0,10	1,44	0,70	1,72	0,72				
6	1	0,17	0,49	0,09	1,21	0,26	0,92	1,17	0,62	0,35	0,56	0,15	1,56	0,16	0,90	1,61	0,78	0,31	0,65	0,49	0,37	0,65	0,42	2,18	0,72				
6	2	0,17	0,50	0,09	1,22	0,26	0,92	1,18	0,62	0,35	0,57	0,15	1,59	0,16	0,91	1,63	0,77	0,25	0,70	0,42	0,42	0,58	0,35	2,21	0,70				
9	1	0,76	0,78	0,56	0,72	0,71	1,89	0,55	0,85	0,53	1,42	1,37	1,72	0,08	2,48	2,57	1,45	3,34	1,36	0,38	0,68	2,86	5,53	5,82	2,85				
9	2	0,76	0,78	0,56	0,72	0,71	1,88	0,55	0,85	0,56	1,49	1,44	1,80	0,08	2,60	2,70	1,52	2,74	1,12	0,31	0,56	2,35	4,53	4,78	2,34				
10	1	8,41	2,06	0,82	3,17	10,90	5,51	10,88	5,96	9,39	2,45	0,79	3,77	12,42	6,13	10,95	6,56	3,78	0,78	0,76	0,66	3,65	1,48	5,61	2,39				
10	2	8,59	2,11	0,84	3,24	11,14	5,63	11,09	6,09	9,68	2,55	0,77	3,84	12,73	6,27	11,29	6,73	3,76	0,78	0,76	0,65	3,64	1,47	5,59	2,38				
11	1	7,04	1,86	0,75	3,24	6,67	7,31	10,67	5,33	6,36	1,21	0,89	3,15	6,86	6,60	9,93	5,00	8,79	2,72	0,31	3,27	5,97	12,20	13,91	6,74				
11	2	6,97	1,80	0,81	3,30	6,73	7,37	10,59	5,34	6,42	1,23	0,88	3,17	6,90	6,63	10,01	5,03	8,59	2,66	0,31	3,19	5,84	11,93	13,60	6,59				
12	1	15,25	4,19	1,77	4,35	15,04	14,32	17,55	10,35	13,70	2,76	1,98	4,31	16,76	12,08	18,01	9,94	20,10	1,78	0,22	3,56	9,88	24,39	8,10	10,72				
12	2	14,64	4,02	1,70	4,17	14,44	13,74	16,85	9,94	13,60	2,74	1,97	4,28	16,64	12,00	17,89	9,87	17,51	1,76	0,19	3,10	8,60	21,25	7,05	9,34				
13	1	0,20	0,48	0,24	0,34	2,01	0,82	5,90	1,43	0,32	0,54	0,34	0,43	2,25	0,85	6,17	1,56	0,42	0,39	0,12	0,00	0,55	1,06	1,42	0,57				
13	2	0,20	0,48	0,24	0,34	2,02	0,82	5,93	1,43	0,32	0,55	0,34	0,44	2,27	0,86	6,23	1,57	0,30	0,49	0,01	0,11	0,65	0,93	1,27	0,54				
14	1	5,35	1,98	0,07	1,45	4,50	6,54	6,04	3,70	3,98	1,10	0,73	1,90	4,39	3,57	6,27	3,13	10,17	5,45	3,26	6,60	4,51	18,87	0,82	6,24				
14	2	4,91	1,82	0,06	1,33	4,13	6,01	5,54	3,40	3,83	1,06	0,70	1,83	4,24	3,44	6,05	3,02	8,08	4,36	2,63	0,54	3,48	14,80	0,58	4,92				
15	1	6,31	1,76	0,39	2,63	6,57	5,27	7,96	4,41	6,09	1,67	0,49	2,57	7,36	4,62	8,03	4,40	7,22	2,25	0,12	2,63	3,61	9,31	6,29	4,49				
15	2	6,21	1,74	0,38	2,67	6,45	5,17	7,83	4,34	6,02	1,65	0,49	2,54	7,27	4,57	7,94	4,35	6,94	2,17	0,12	2,53	3,47	8,95	6,04	4,32				
16	1	11,68	1,97	1,58	4,70	13,72	8,52	16,17	8,33	14,37	2,75	1,96	6,22	16,28	9,68	18,87	9,73	2,54	0,26	0,03	0,28	3,77	1,64	4,64	1,88				
16	2	11,41	1,92	1,54	4,69	13,39	8,32	15,79	8,14	13,92	2,66	1,89	6,02	15,76	9,37	18,34	9,42	2,57	0,26	0,03	0,29	3,81	1,66	4,69	1,90				
17	1	4,09	1,42	0,34	2,12	5,07	5,31	8,61	3,85	3,99	0,83	0,47	1,63	5,06	4,79	7,76	3,50	4,72	3,83	0,41	3,79	5,01	10,41	16,87	6,42				
17	2	4,23	1,46	0,36	2,21	5,27	5,52	8,92	4,00	4,16	0,87	0,49	1,70	5,28	4,99	8,10	3,66	4,69	3,80	0,35	3,80	5,12	10,68	16,96	6,47				
21	1	24,31	11,57	0,01	12,02	17,60	18,46	17,73	14,53	11,18	2,54	2,36	5,78	6,34	7,78	9,19	6,45	37,75	19,07	1,72	18,30	30,76	32,49	39,55	24,44				
21	2	23,83	11,35	0,01	11,78	17,26	18,10	17,38	14,24	10,71	2,43	2,26	5,53	6,08	7,45	8,80	6,18	37,99	19,19	1,73	18,42	30,96	32,70	38,23	25,60				
22	1	3,61	1,99	0,52	1,02	2,58	1,07	3,42	2,03	1,76	1,19	0,61	0,44	0,38	3,00	5,90	1,90	7,63	3,19	0,12	4,05	8,17	7,67	15,06	6,56				
22	2	3,63	2,01	0,53	1,03	2,60	1,08	3,45	2,05	1,76	1,19	0,61	0,44	0,38	3,00	5,90	1,90	7,79	3,26	0,12	4,14	8,35	7,83	15,39	6,70				
23	1	8,22	1,40	1,04	3,58	11,47	8,29	17,18	7,31	9,41	1,83	0,99	3,95	12,73	9,25	17,45	7,95	0,54	0,23	0,05	0,09	1,66	0,46	2,78	0,83				
23	2	8,22	1,40	1,04	3,58	11,47	8,29	17,18	7,31	9,24	1,79	0,98	3,89	12,52	9,10	17,15	7,81	0,62	0,26	0,06	0,10	1,92	0,53	3,20	0,96				
26	1	0,90	0,42	0,02	0,39	0,18	0,07	2,66	0,66	0,80	0,03	0,03	0,07	0,47	0,09	2,77	0,61	1,27	1,62	0,00	1,18	0,74	0,46	2,83	1,16				
26	2	0,89	0,41	0,02	0,39	0,18	0,07	2,64	0,66	0,79	0,03	0,03	0,07	0,47	0,09	2,76	0,61	1,24	1,59	0,00	1,16	0,72	0,45	2,76	1,13				
27	1	11,29	8,11	0,59	7,30	8,85	12,42	11,17	8,53	5,89	1,84	0,46	2,66	3,61	4,47	6,36	3,61	17,09	13,96	1,44	12,30	15,15	22,98	21,45	14,91				
27	2	10,54	7,57	0,55	6,82	8,27	11,61	10,44	7,97	5,39	1,67	0,44	2,45	3,33	4,11	5,82	3,32	16,33	13,34	1,38	11,76	14,48	21,96	20,50	14,25				
28	1	0,08	0,55	0,63	0,35	1,58	0,40	4,20	1,11	0,38	0,39	0,67	0,73	2,11	0,79	4,79	1,41	2,10	2,14	1,22	0,91	1,17	7,00	1,21	2,25				
28	2	0,10	0,53	0,61	0,34	1,56	0,39	4,20	1,11	0,39	0,40	0,68	0,73	2,14	0,80	4,85	1,43	1,93	1,96	1,12	0,84	1,07	6,43	1,11	2,07				
29	1	2,13	0,04	0,77	0,92	3,71	3,79	8,46	2,83	1,88	0,21	0,86	1,05	4,10	3,72	8,82	2,95	3,09	0,38	0,81	0,75	1,90	2,60	8,15	2,53				
29	2	2,17	0,04	0,78	0,93	3,77	3,85	8,58	2,87	1,89	0,21	0,86	1,05	4,13	3,74	8,88	2,97	3,32	0,41	0,87	0,80	2,04	2,79	8,76	2,71				
31	1	9,61	1,50	1,12	4,62	6,78	12,30	12,95	6,98	11,15	2,25	1,00	5,50	7,53	13,93	13,02	7,77	3,48	0,03	0,16	0,00	2,74	3,15	3,27	1,83				
31	2	8,60	1,33	1,01	4,16	6,09	11,04	11,60	6,26	9,77	1,96	0,89	4,84	6,62	12,24	11,41	6,82	3,50	0,03	0,16	0,00	2,75	3,17	3,29	1,84				
33	1	1,41	0,19	0,12	0,23	2,18	2,28	3,29	1,39	1,32	0,22	0,05	0,25	2,41	2,02	3,33	1,37	2,01	0,29	0,62	0,05	0,91	4,86	1,51	1,46				
33	2	1,38	0,19	0,12	0,23	2,14	2,24	3,23	1,36	1,30	0,21	0,05	0,25	2,37	1,99	3,28	1,35	1,94	0,28	0,60	0,05	0,88	4,69	1,46	1,41				
34	1	4,25	1,81	0,38	2,05	5,61	4,86	8,22	3,88	3,69	1,43	0,68	2,05	5,61	4,06	8,31	3,69	7,05	3,75	1,24	1,66	5,42	9,85	5,74	4,96				
34	2	4,43	1,88	0,40	2,13	5,84	5,06	8,56	4,04	3,78	1,47	0,69	2,10	5,76	4,17	8,52	3,79	7,94	4,23	1,39	1,86	6,11	11,09	6,46	5,58				
37	1	2,01	0,86	0,15	0,58	1,78	1,48	0,94	1,11	2,42	0,80	0,51	0,05	1,62	1,82	0,30	1,07	1,14	2,21	0,24	1,51	1,85	3,32	4,94	2,16				
37	2	2,12	0,90	0,16	0,61	1,88	1,56	1,00	1,18	2,49	0,82	0,52	0,05	1,67	1,87	0,31	1,10	1,37	2,66	0,29	1,82	2,23	3,88	5,94	2,60				
40	1	3,90	2,43	0,14	2,44	5,12	4,74	6,14	3,56	4,65</																			

Z przeprowadzonych analiz wynika, że rozkład kierunkowy ma znaczny wpływ na udział poszczególnych dni tygodnia w *SDR* oraz udział poszczególnych godzin w dobie. W większości przypadków zaobserwowano istotne różnice pomiędzy profilami zmienności tygodniowej uzyskanymi dla poszczególnych kierunków w stosunku do przekroju drogi (tab. 4.10 i 4.11), nieprzekraczające jednak 10%. Najbardziej zbliżone wartości udziałów natężeń dobowych poszczególnych dni w *SDR* dla obu kierunków, we wszystkich przypadkach (ogół pojazdów, pojazdy lekkie i ciężkie) uzyskano dla środy. W przypadku zmienności dobowej największy *MAPE* (dla całej doby) uzyskano dla pojazdów ciężkich w niedzielę – 12,86% a najmniejsze dla ogółu pojazdów w okresie związanym z dniami ustawowo wolnymi – 7,08%. W przypadku poszczególnych godzin zauważalny jest spadek wartości *MAPE* w godzinach 10:00-14:00 oraz wzrost w godzinach 3:00-7:00. W przypadku zmienności sezonowej, rozkład kierunkowy ma niewielki wpływ na udział poszczególnych miesięcy w *SDR*, zarówno dla ogółu pojazdów (*MAPE* < 1,13%) jak i dla pojazdów lekkich i ciężkich (*MAPE* < 1,58%). Najbardziej zbliżone wartości udziałów natężeń dobowych poszczególnych miesięcy w *SDR* dla obu kierunków, uzyskano w miesiącu wrześniu.

W celu potwierdzenia statystycznej istotności lub jej braku różnic w natężeniach dobowych na poszczególnych kierunkach, wykonano *test par*, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Zastosowano test parametryczny dla prób zależnych gdzie testowano hipotezę zerową że wartość przeciętna różnicy wielkości sparowanych wynosi zero. Danymi sparowanymi są średnie natężenia dobowe danego dnia tygodnia w kolejnych miesiącach lub danego miesiąca w roku na kierunku 1 oraz kierunku 2 (tab. 4.12). W tabeli gwiazdką „*” oznaczono wartości statystycznie różne.

Tab. 4.12. Wynik testu par dla średnich natężeń dobowych danego dnia tygodnia i danego miesiąca na obu kierunkach ruchu (* - średnie natężenia dobowe w kierunku 1 i 2 istotnie różnią się)

st. nr	ogół pojazdów							pojazdy lekkie							pojazdy ciężkie							ogół poj.	poj. lekkie	poj. ciężkie
	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd			
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
14	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
17	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
21	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
22	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
23	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
27	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
28	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
29	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
31	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
33	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
34	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
37	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
40	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
41	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

W przypadku zmienności sezonowej, wynik testu wskazuje, że w większości przypadków różnice w natężeniach dobowych na poszczególnych kierunkach ruchu są niewielkie ale statystycznie istotne. W przypadku zmienności dobowej bez dodatkowych testów można stwierdzić, że rozkład kierunkowy ma istotny wpływ. Wyniki te potwierdzają konieczność uwzględnienia rozkładu kierunkowego w przypadku zmienności dobowej oraz tygodniowej. W przypadku zmienności sezonowej nie ma takiej potrzeby.

Ponadto dla stacji *Golden River* dla ogółu pojazdów, określono średni w roku procentowy udział w przekroju drogi oraz wartość odchylenia standardowego, kierunku bardziej obciążonego. W latach 2000 – 2010 wynosi on średnio dla wszystkich stacji 51,4% natomiast średnie odchylenie standardowe 8,9.

4.2.2. Z uwzględnieniem rodzaju pojazdów

W celu określenia wpływu rodzaju pojazdów na zmienność tygodniową, sezonową i dobową natężeń ruchu, analizy prowadzono analogicznie jak w punkcie 4.2.1 przy czym średnie bezwzględne różnice procentowe (*MAPE*) wyliczono pomiędzy udziałami wyznaczonymi: dla ogółu pojazdów i pojazdów lekkich w odniesieniu do ogółu pojazdów oraz dla ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich w odniesieniu do ogółu pojazdów. Analizy prowadzono tylko w odniesieniu do przekroju drogi (bez rozróżnienia na kierunki ruchu). Zbiorcze wyniki dla stacji *Golden River* na przykładzie zmienności tygodniowej, przedstawiono w tab. 4.13 (średnia z *MAPE* dla pojazdów lekkich i ciężkich).

Tab. 4.13. Średnia *MAPE* udziałów natężeń dobowych poszczególnych dni tygodnia w *SDR* dla pojazdów lekkich i ciężkich w odniesieniu do ogółu pojazdów - stacje *Golden River*

rok pomiaru	średnia z <i>MAPE</i> dla: SDR_{ci} względem SDR_{oc} oraz SDR_{cc} względem SDR_{oc}							
	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	średnia
2010	6,46	12,50	11,89	9,97	3,54	18,35	32,26	13,57
2009	7,36	12,22	11,58	9,54	3,55	18,74	31,76	13,53
2008	7,47	11,35	11,53	10,03	3,61	17,64	32,50	13,45
2007	6,04	10,84	9,97	8,91	4,70	15,28	31,39	12,44
2006	4,22	8,17	8,44	9,19	3,75	12,30	28,00	10,58
2005	4,59	8,79	10,82	9,74	4,18	14,04	29,54	11,67
2004	4,33	10,32	10,23	8,87	3,32	14,01	29,30	11,48
2003	9,15	13,74	12,96	11,43	5,65	18,44	31,49	14,69
2002	6,45	10,54	10,53	9,09	2,96	15,31	30,95	12,26
2001	6,24	11,69	10,47	9,92	4,84	17,86	34,02	13,58
2000	6,50	10,21	10,57	11,95	5,52	17,57	35,02	13,90
średnia	6,25	10,94	10,82	9,88	4,15	16,32	31,47	12,83

Z przeprowadzonych analiz wynika, że struktura rodzajowa ma istotny wpływ na udział natężeń dobowych poszczególnych miesięcy i dni tygodnia w *SDR*, we wszystkich przypadkach szczególnie w odniesieniu do pojazdów ciężkich. W większości przypadków zaobserwowano istotne różnice pomiędzy profilami określonymi dla ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich oraz w mniejszym stopniu pojazdów lekkich (potwierdza to także analiza wariancji). Największe rozbieżności odnotowano (w nawiasach podano odpowiednio średnia

MAPE) w soboty i niedziele (pojazdy lekkie - 7,9% i 14,3%; pojazdy ciężkie - 28,8% i 50,3%) w lipcu i sierpniu (pojazdy lekkie – 3,9% i 3,5%; pojazdy ciężkie – 10,1% i 8,9%) a najmniejsze w poniedziałki i piątki (pojazdy lekkie – 3,0% i 1,4%; pojazdy ciężkie – 9,9% i 5,7%) w kwietniu i maju (pojazdy lekkie – 1,2% i 1,0%; pojazdy ciężkie – 3,8% i 3,3%). W przypadku zmienności dobowej największe rozbieżności wartości udziałów godzin w dobie, uzyskano (w nawiasach podano odpowiednio średnia *MAPE* ze wszystkich godzin w dobie): pojazdy lekkie - we wtorek i piątek (12,4% i 12,3%), pojazdy ciężkie – w sobotę oraz w okresie związanym z dniami ustawowo wolnymi (49,8% i 50,1%) a najmniejsze: pojazdy lekkie – sobota oraz w okresie związanym z dniami ustawowo wolnymi (10,1% i 10,2%), pojazdy ciężkie – poniedziałek i czwartek (27,0% i 31,9%). Zauważalny jest spadek *MAPE* dla pojazdów lekkich w godzinach 6:00 – 22:00 oraz dla pojazdów ciężkich od poniedziałku do piątku w godzinach 6:00-15:00 (przykładowo dla środy średnio o 80%). Wyniki te potwierdzają słuszność prowadzenia analiz w odniesieniu do ogółu pojazdów a także pojazdów ciężkich (w przypadku pojazdów lekkich nie ma takiej potrzeby).

Ponadto w tab. 4.14 zestawiono średni w roku udział pojazdów ciężkich (stacje *Golden River*).

Tab. 4.14. Średni udział pojazdów ciężkich– stacje *Golden River*

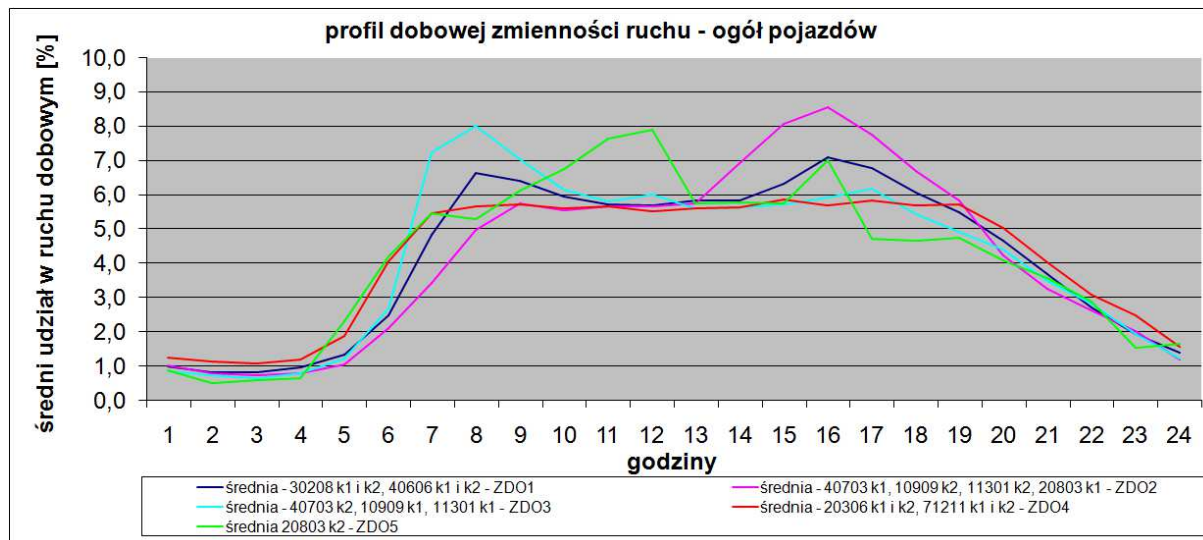
st nr.	2010			2008			2006			2004			2002			2000		
	<i>u_c</i> [%]			<i>u_c</i> [%]			<i>u_c</i> [%]			<i>u_c</i> [%]			<i>u_c</i> [%]			<i>u_c</i> [%]		
	k1+2	k1	k2	k1+2	k1	k2	k1+2	k1	k2	k1+2	k1	k2	k1+2	k1	k2	k1+2	k1	k2
1	36,2	35,7	36,8	37,9	36,7	39,1	36,8	36,5	37,1	33,5	33,4	33,6	28,6	30,2	27,0	26,6	26,7	26,5
2	42,6	40,3	44,6	47,1	45,9	48,3	48,7	47,4	50,0	41,1	40,9	41,1	29,7	26,7	32,4	27,1	27,8	26,4
3				33,4	33,6	33,1	33,5	34,1	33,0									
4	24,5	24,1	24,9				25,2	24,9	25,4	24,7	24,6	24,9	23,5	23,2	23,7			
5	18,2	18,2	18,1	17,6	18,1	17,1	29,1	28,9	29,2				19,2	18,8	19,6	18,9	18,5	19,4
6	18,7	18,5	19,0													17,1	16,9	17,3
9	19,6	17,7	21,5	21,9	21,8	22,0												
10	16,9	16,7	17,1	22,2	22,0	22,4	21,5	21,4	21,6	20,1	20,2	20,1	19,1	19,1	19,2	19,5	19,8	19,1
11	25,9	25,7	26,2							21,0	20,9	21,1	19,6	19,4	19,8			
12	26,0	24,7	27,2	0,0	0,0	0,0	25,7	25,1	26,3	25,0	25,0	25,1	24,5	24,7	24,3			
13	11,2	11,0	11,3	12,3	12,2	12,5												
14	25,1	23,1	26,9	25,3	23,0	27,4	26,4	25,3	27,4	26,3	26,0	26,6	26,1	26,3	25,9			
15	20,9	20,7	21,2	21,0	20,7	21,4												
16	19,8	20,1	19,5	19,6	20,0	19,2				18,8	19,2	18,3						
17	18,1	17,8	18,3				18,6	18,5	18,7	17,9	17,9	17,8						
18							15,5	15,3	15,6	14,4	14,3	14,6						
19				16,7	17,3	16,2	15,5	16,0	15,0									
20				17,9	18,3	17,5	29,1	30,3	27,9	20,4	20,7	20,0	16,5	16,7	16,3			
21	46,6	47,2	46,0	48,1	49,4	46,8	44,3	45,9	42,7									
22	28,2	28,4	28,0	28,4	28,9	28,0	84,1	83,7	84,5	82,5	81,7	83,3	28,2	27,3	29,1			
23	10,5	11,3	9,8	9,9	10,8	9,0	11,0	11,6	10,4	11,9	12,0	11,8	12,1	12,0	12,2			
26	22,8	22,6	22,9				22,3	22,7	21,9									
27	45,2	45,7	44,7	47,9	48,2	47,6	49,5	49,9	49,2	33,0	32,9	33,0						
28	14,0	13,4	14,6	13,6	13,1	14,2	14,8	14,1	15,4									
29	12,6	12,9	12,2	11,6	12,2	10,9				11,4	11,6	11,2				11,3	11,5	11,1
30				17,8	17,9	17,8	19,2	19,9	18,6	17,5	17,7	17,3	17,0	17,3	16,7	16,7	17,0	16,5
31	16,0	17,0	15,2	15,1	16,0	14,3	15,3	15,8	14,8	14,0	14,4	13,7						
33	15,5	15,4	15,6				15,8	15,9	15,7									
34	16,4	17,1	15,8															
36				38,2	37,8	38,6	38,3	38,2	38,4	23,2	23,9	22,5						
37	18,1	19,3	16,9	15,1	16,3	13,9												
38				48,2	47,8	48,6												
40	37,5	39,2	35,7	39,4	42,1	36,6	33,2	34,1	32,3									
41	56,0	53,1	58,4															

4.2.3. Z uwzględnieniem przepustowości i stanów zatłoczenia drogi

Rzeczywista przepustowość drogi wg *HCM 2010* w określonych przeciętnych warunkach drogowo-ruchowych (typowa struktura kierunkowa i rodzajowa oraz cechy przekroju poprzecznego) wynosi: dla dwupasowej drogi dwukierunkowej 2960 P/h/2pasy, dla dróg wielopasowych 3300 P/h/2pasy, 4970 P/h/3pasy oraz na autostradach 5770 P/h/3pasy. W praktycznych metodach obliczeniowych wprowadza się klasyfikację warunków ruchu za pomocą poziomów swobody ruchu - *PSR*. Cały zakres zmienności warunków ruchu został w *HCM* podzielony na 6 klas: od *A* do *F* [35]. Stany zatłoczenia drogi występują przy *PSR E* (odpowiada natężeniom ruchu bliskim lub równym przepustowości) oraz *PSR F* (stan załamania przepływu ruchu z przejściem do stanu ruchu wymuszonego). Ze względu na brak stacji pomiarów ciągłych zlokalizowanej na odcinkach dróg charakteryzujących się stanami permanentnej kongestii analizy przeprowadzono na bazie danych pochodzących z *GPR 2010* jedynie w odniesieniu do zmienności dobowej. W przypadku zmienności sezonowej i tygodniowej należy się spodziewać „spłaszczenia profili” tzn. większego udziału miesięcy i dni tygodnia o natężeniu ruchu zbliżonym do *SDR*. Wyróżniono osiem odcinków dróg o największej wartości *SDR* (reprezentujące różne przekroje drogowe tj. 2x3, 2x2, 1x4 i 1x2), często wymieniane w komunikatach drogowych jako przeciążone tj.: S86 Sosnowiec - Katowice (2x3, *SDR* = 104339 P/d), A4 Katowice /przejście/ (2x3, *SDR* = 75020 P/d), DK5 Wrocław – Węzeł Bielany Wr. (1x4, *SDR* = 62187 P/d), DK7 Raszyn – Janki (2x2, *SDR* = 61240 P/d), DK8 Warszawa – Marki (2x2, *SDR* = 56852 P/d), DK4 Łąpczyca - Bochnia (1x2, *SDR* = 27727 P/d), DK10 Lubicz – Lubicz /Droga 552/ (1x2, *SDR* = 26726 P/d) oraz DK7 Skomielna – Rabka (1x2, *SDR* = 16133 P/d). Uzyskane profile udziału godzinowych natężeń w ruchu dobowym dla ogółu pojazdów, różnią się od przeciętnych profili dla dróg krajowych (punkt 4.5.1) oraz między sobą. W przypadku drogi DK4 i DK10 (przekrój jednojezdniowy) uzyskano profil charakteryzujący się brakiem szczytów ruchu. W przypadku drogi S86, DK7 i DK8 uzyskano dwa profile o wyraźnym szczycie przedpołudniowym na jednym kierunku oraz popołudniowym na drugim. Pozostałe drogi czyli A4 oraz DK5 charakteryzują się profilem zmienności ruchu dobowego o dwóch szczytach (bez względu na kierunki ruchu). W przypadku pojazdów ciężkich we wszystkich analizowanych przypadkach (za wyjątkiem punktu 10909 w obu kierunkach oraz 11301 kierunek 2) uzyskano profil będący wypadkową przeciętnych profili dla kraju typu $DC_{w-c} I$ i 2 (punkt 4.5.1). Na rys. 4.2 przedstawiono wykresy udziałów natężeń godzinowych w natężeniu dobowym wyznaczonych dla ogółu pojazdów: dla punktu 40703 (S86), 10909 (DK7), 11301 (DK8) i 20803 k1 (DK7) z rozróżnieniem na kierunki ruchu, łącznie dla punktu 30208 (DK5) i 40606 (A4), łącznie dla punktu 20306 (DK4) i 71211 (DK10) oraz dla punktu 20803 k2 (DK7).

Przeprowadzone analizy wskazują na słuszność wprowadzenia kolejnych typowych profili zmienności natężeń dobowych, charakterystycznych dla odcinków gdzie występują stany

załoczenia oraz natężenie ruchu zbliża się do przepustowości. Jednakże ze względu na zbyt małą próbę i zróżnicowane wyniki w niniejszej pracy nie kontynuowano tej analizy.



Rys. 4.2. Profil dobowej zmienności ruchu dla dróg krajowych o największej wartości SDR w roku 2010

4.3. Określenie wskaźników sezonowej, tygodniowej i dobowej zmienności profili natężeń

4.3.1. Zgodnie z definicją GDDKiA

Zgodnie z wynikami analiz przeprowadzonych w punkcie 4.2 wskaźniki profili sezonowych W_j , tygodniowych W_i (wzory 2.2.6) oraz dobowych W_{gi} (wzór 4.3.1 – profil tworzą średnie udziały godzinowych natężeń ruchu w ruchu całodobowym dla danego dnia tygodnia np. środy) - tzw. relatywne profile - wyznaczono w podziale na trzy grupy: ogół pojazdów, pojazdy lekkie i pojazdy ciężkie. W przypadku zmienności tygodniowej i dobowej określono dodatkowo wskaźniki w każdej z tych grup w rozbięciu na kierunki ruchu oraz łącznie w przekroju drogi.

$$W_{gi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Q_{gi}}{Q_{di}} * 100 \quad [\%] \quad (4.3.1)$$

gdzie: W_{gi} – wskaźnik danej godziny wyraża średni udział natężenia ruchu z g – tej godziny w i – tym natężeniu dobowym (np. środy), w zależności od sytuacji w odniesieniu do ogółu pojazdów lub pojazdów ciężkich,

Q_{gi} – wartość natężenia w g – tej godzinie w i – tym dniu, odpowiednio dla ogółu pojazdów lub pojazdów ciężkich,

Q_{di} – natężenie dobowe w i – tym dniu, odpowiednio dla ogółu pojazdów lub pojazdów ciężkich,

n – liczba poszczególnych dni w roku (np. śród).

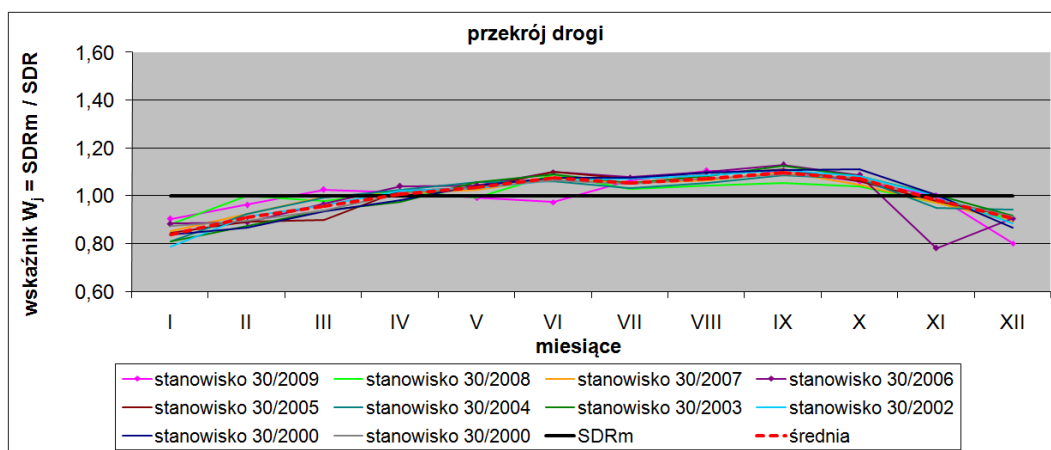
Jak wynika z przeprowadzonych analiz, wartość wskaźników zmienności sezonowej i tygodniowej w obrębie jednej stacji w kolejnych latach, różnią się od siebie. W celu uniknięcia przypadkowych wpływów (utrudnienia w ruchu, budowy na sąsiednich odcinkach dróg itp.) usunięto z analiz lata w których wartości wskaźnika znacznie odbiegały od przeciętnych (wartość odchylenia standardowego w zbiorze odchylen standardowych dla kolejnych dni lub miesięcy jest ponad dwa razy większa od wartości średniej). Z pozostałych lat wyznaczono średnią. Tak uzyskane wartości relatywnych profili posłużą do podziału sieci dróg w punkcie 4.4 z uwagi na charakterystyczne profile natężeń ruchu w różnych okresach. W celu potwierdzenia słuszności takiego podejścia (uśrednienia wskaźników w kolejnych latach) a także sprawdzenia czy można stosować profile zmienności dobowej w innych latach niż były wyznaczone, wykonano analizę wariancji ANOVA gdzie testowano hipotezę zerową, że średnie w grupach są jednakowe wobec hipotezy alternatywnej, że co najmniej dwie średnie różnią się między sobą. Daną grupę w przypadku zmienności tygodniowej stanowi udział danego dnia tygodnia w SDR_m natomiast w przypadku zmienności dobowej dla wybranego dnia (środa) udział kolejnej godziny w dobie (od 5:00 do 22:00) w kolejnym miesiącu w roku oraz w przypadku analizy dotyczącej lat 2000-2010 udział kolejnej godziny w dobie w danym roku. W celu sprawdzenia spełnienia podstawowych założeń tj. o rozkładzie normalnym populacji i ich jednakowej wariancji wykonano każdorazowo test Browna-Forsytha (test F dla odchylen od median prób) oraz przeprowadzono wizualną analizę skategoryzowanego wykresu normalności w każdej grupie. Po przeprowadzeniu analizy wariancji dla wyniku statystycznie istotnego zastosowano test post-hoc – test rozsądnie istotnej różnicy (RIR) Tukeya dla równej liczebności próbek i dla nierównej liczebności w zależności od przypadku. Testy te dokonują porównań par średnich poprzez jednoczesne przedziały ufności dla różnicy wartości przeciętnych, budowane z wykorzystaniem studentyzowanego rozstępu [43]. W ten sposób określono które średnie są istotnie różne. Analizy prowadzono w przypadku zmienności tygodniowej i dobowej dla danych pochodzących ze stacji GR z roku 2010 (24 stacje) oraz na przykładzie stacji numer 10 na przestrzeni 11 lat (jedyna stacja z której były dostępne dane z całego okresu obejmującego lata 2000-2010) w odniesieniu do ogółu pojazdów w przekroju drogi. W przypadku zmienności sezonowej ze względu na pojedyncze udziały poszczególnych miesięcy w roku na tym etapie nie można było przeprowadzić takiej analizy. Z przeprowadzonych analiz wynika, że statystycznie istotne różnice pojawiają się pojedynczo, w sposób losowy i nie tworzą żadnej reguły (w przypadku zmienności dobowej w godzinach 7:00-16:00, w pozostałych godzinach nawet po kilkanaście par statystycznie istotnych różnic). W przypadku zmienności tygodniowej dotyczą głównie dni wtorku, środy, piątku i niedzieli w miesiącach I, VII, VIII i XII (tab. 4.15). Ze względu na przesłanki literaturowe (inny profil zmienności tygodniowej w okresie lata) wydzielono stacje w których odnotowano statystyczne różnice w miesiącach VII i VIII (stacja numer 2, 5, 6, 9, 16,17, 23, 26, 27, 37 i 40) i poddano dalszym szczegółowym analizom. W ich wyniku okazało się że

jedynie w przypadku stacji 2, 6, 16, 23, 27 i 40 profil zmienności tygodniowej dla miesięcy VII i VIII różni się od profilu wyznaczonego dla całego roku co zostało uwzględnione w dalszych analizach. W przypadku zmienności dobowej różnice dotyczą głównie miesięcy zimowych tj. I, II, XI i XII. W miesiącach V-X odnotowano jedynie w około 12% badanych stacji pojedyncze istotne statystycznie różnice (przy czym w godzinach 5:00-20:00 9,3%) z których najwięcej wystąpiło w miesiącu X (27,8%) i VIII (20,1%).

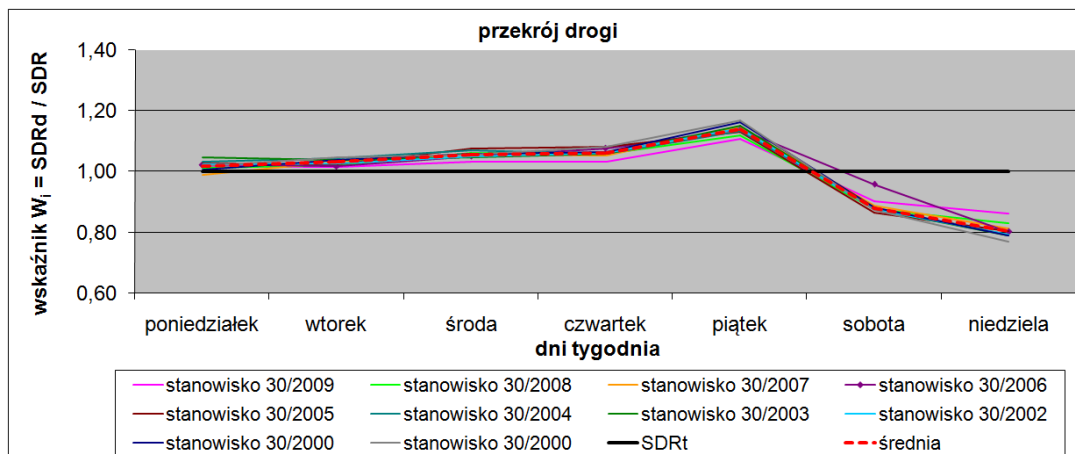
Tab. 4.15. Liczba statystycznie istotnych różnic dni tygodnia w kolejnych miesiącach (pusta komórka oznacza brak statystycznej istotności różnicy)

miesiąc/ dzień	24 stanowiska - rok 2010									stanowisko numer 10 lata 2000-2010							
	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	suma	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	suma	
XII	4	13	12	2	5	1	5	42	1	5	5	3	2		1	17	
XI	2			2	2		3	9	1						2	3	
X					1			1			1					1	
IX	1							1			1				1	2	
VIII		1	2	2	4		6	15		1					3	4	
VII		2	4	1	1	4	3	15			1	1			3	5	
VI				1	2		2	5			1					1	
V							1	1								0	
IV				2			1	3								0	
III					1		4	5	1						1	2	
II					1		1	2								0	
I		5	4		4			13		1						1	
brak	18	10	10	19	10	19	9		8	5	6	8	9	11	4		

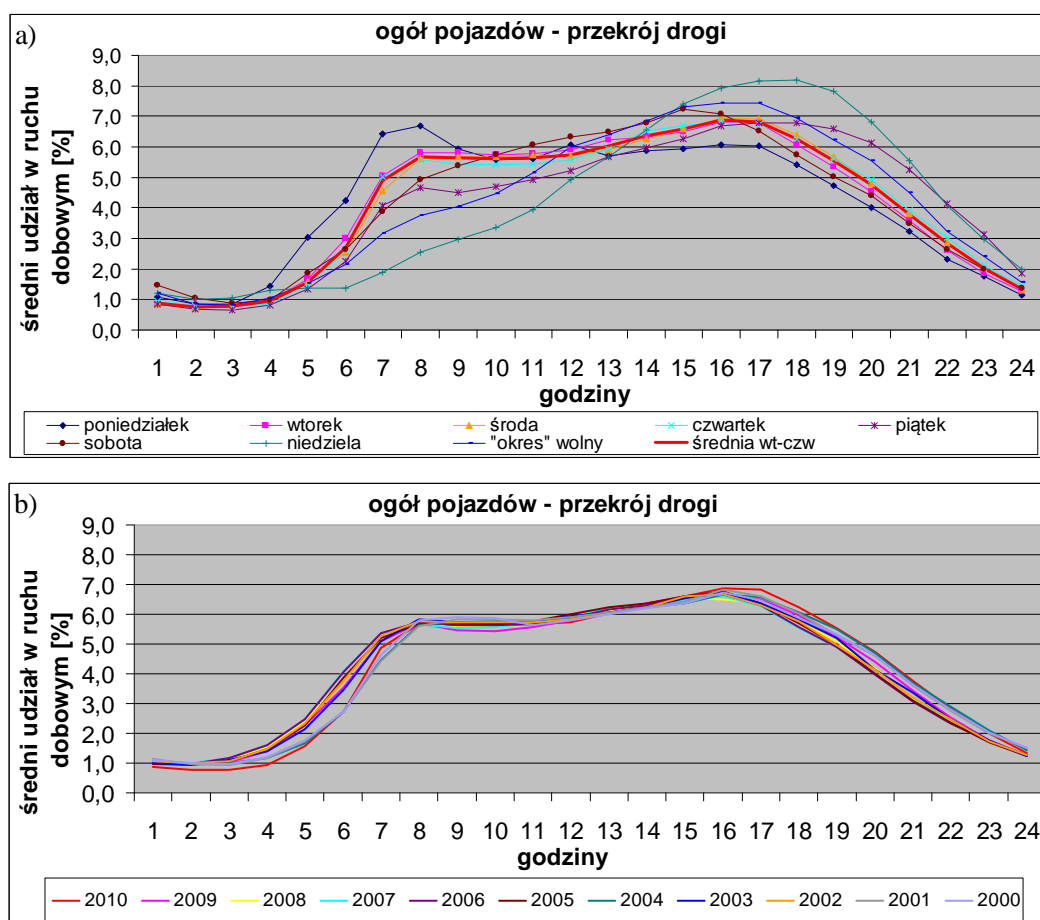
Graficzną ilustrację profili sezonowej i tygodniowej zmienności ruchu w kolejnych latach na przykładzie stacji numer 30 przedstawiono na rysunkach 4.3 i 4.4 (linią ze znacznikiem zaznaczono dane, które usunięto ze średniej). W przypadku zmienności dobowej, ze względu na zbliżone profile zmienności dla wtorku, środy i czwartku (przykładowa tab. z odchyleniem standardowym dla ogółu pojazdów w załączniku) postanowiono połączyć je razem poprzez uśrednienie wartości (wyjątek stanowisko numer 40). Tak uzyskane wartości posłużą do podziału sieci dróg według kryterium jednorodności profili natężeń w różnych okresach. Na rysunku 4.5.a.b przedstawiono na przykładzie stacji numer 10 (dostępne dane z 2010 roku), relatywne profile natężeń w okresie doby dla wszystkich dni w roku 2010 oraz dla wtorku-czwartku w latach 2000-2010.



Rys. 4.3. Porównanie wahań sezonowych W_j w kolejnych latach dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – stanowisko numer 30



Rys. 4.4. Porównanie wahań tygodniowych W_i w kolejnych latach dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – stanowisko numer 30



Rys. 4.5. Porównanie wahań dobowych W_{gb} dla ogółu pojazdów na przykładzie st. nr 10: a) - wszystkie dni tygodnia w roku 2010, b) - średnia z okresu od wtorku do czwartku w latach 2000-2010

4.3.2. W ujęciu modeli szeregów czasowych

Wskaźniki wahań sezonowych i tygodniowych wyznaczono na podstawie średnich dobowych nateżeń odpowiednio danego miesiąca SDR_m oraz danego dnia SDR_d natomiast wskaźniki wahań dobowych na podstawie godzinowych nateżeń Q_{gi} (dla ogółu pojazdów

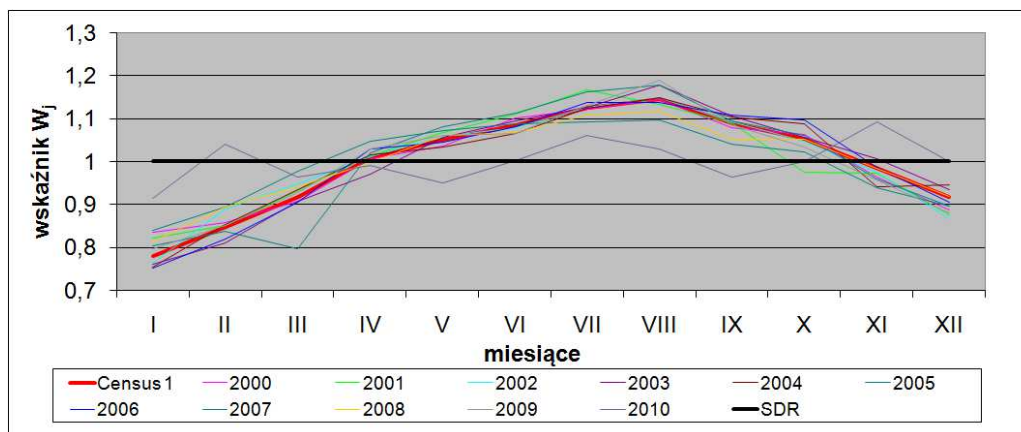
w przekroju drogi). Do analiz zmierzających do wyznaczenia odpowiednich wskaźników, wykorzystano multiplikatywny model *Census I* (p. 2.6.1) o okresie $T_1 = 24$, $T_2 = 168$, $T_3 = 7$, $T_4 = 12$. Poniżej przedstawiono kolejne kroki analiz (wzory 4.3.2 – 4.3.6):

$$z_{ii} = \frac{y_{ii}}{\hat{y}_{ii}} * 100 \quad (4.3.2), \quad s_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{ii} \quad (4.3.3), \quad \hat{s}_i = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r s_i \quad (4.3.4)$$

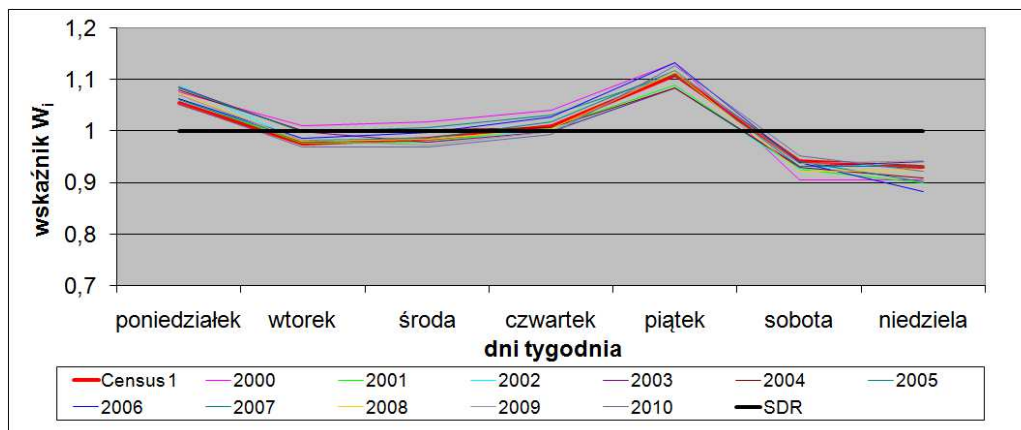
$$w_i = \frac{s_i}{\hat{s}_i} \quad (4.3.5), \quad \sum_{i=1}^r w_i = 1 \quad (4.3.6)$$

gdzie: y_{ii} – oryginalny szereg czasowy,
 \hat{y}_{ii} – wygładzony szereg czasowy,
 n – liczba okresów,
 r – liczba faz w cyklu.

W przypadku zmienności sezonowej i tygodniowej, ze względu na metodologicznie wymagany minimalny sześcioletni okres pomiarowy, analizy przeprowadzono na danych pochodzących z 7 stacji *Golden River* numer: 4, 10, 14, 20, 21, 30 i 31. Słuszność wyznaczania jednych wskaźników dla okresu kilku lat, potwierdza analiza wariancji ANOVA przeprowadzona w p. 4.3.1. W tab. 4.16 i 4.17 zestawiono uzyskane wskaźniki, natomiast na rysunku 4.6 - 4.7 przedstawiono na przykładzie stanowiska numer 10, ich graficzną ilustrację. Dodatkowo w przypadku zmienności tygodniowej wykonano dekompozycję sezonową w której wyjściowy szereg czasowy tworzyły natężenia dobowe z 2010 roku. Ponieważ analizy wymagają ciągłości danych możliwe było wykonanie ich na danych pochodzących z 7 stacji *Golden River* numer: 1, 2, 5, 9, 16, 29 i 41.



Rys. 4.6. Porównanie wartości wskaźników wahań sezonowych W_j wyznaczonych według *Census I* oraz w kolejnych latach według wzoru 2.2.6 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – stanowisko nr 10



Rys. 4.7. Porównanie wartości wskaźników wahań tygodniowych W_i wyznaczonych według *Census I* oraz w kolejnych latach według wzoru 2.2.6 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – st. nr 10

Tab. 4.16. Porównanie wartości wskaźników wahań sezonowych W_s i tygodniowych W_i wyznaczonych wg *Census I* oraz w kolejnych latach według wzoru 2.2.6 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi

st. nr	model	miesiąc												dzień tygodnia						
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd
4	Census I	0,77	0,88	0,90	0,97	1,01	1,07	1,18	1,19	1,08	1,05	0,99	0,92	0,99	1,04	1,08	1,08	1,16	0,88	0,81
	2001	0,80	0,85	0,91	0,98	1,03	1,08	1,18	1,18	1,08	1,07	1,00	0,87	1,00	1,06	1,07	1,09	1,17	0,84	0,78
	2002	0,78	0,88	0,94	0,99	1,01	1,09	1,19	1,19	1,08	1,03	0,97	0,86	1,02	1,04	1,06	1,08	1,16	0,84	0,78
	2003	0,79	0,87	0,91	0,96	1,01	1,09	1,19	1,19	1,07	1,03	0,98	0,90	1,02	1,06	1,05	1,08	1,15	0,85	0,79
	2004	0,79	0,89	0,94	0,99	1,03	1,06	1,17	1,18	1,06	1,04	0,95	0,92	1,01	1,06	1,08	1,07	1,14	0,84	0,79
	2005	0,84	0,88	0,90	0,97	1,01	1,07	1,18	1,19	1,05	1,04	0,97	0,91	1,01	1,04	1,07	1,09	1,13	0,83	0,78
	2006	0,79	0,86	0,92	0,99	0,99	1,07	1,17	1,18	1,08	1,06	0,98	0,93	1,01	1,05	1,06	1,09	1,17	0,85	0,76
	2007	0,84	0,87	0,94	0,99	1,03	1,08	1,16	1,18	1,07	1,02	0,95	0,87	1,01	1,05	1,06	1,07	1,15	0,85	0,80
	trend	0,80	0,87	0,92	0,98	1,02	1,08	1,18	1,18	1,07	1,04	0,97	0,89	1,01	1,05	1,06	1,08	1,15	0,84	0,78
10	Census I	0,78	0,85	0,92	1,01	1,05	1,08	1,13	1,15	1,09	1,05	0,99	0,92	1,05	0,98	0,98	1,01	1,11	0,94	0,93
	2000	0,83	0,86	0,91	1,01	1,04	1,10	1,12	1,14	1,08	1,06	0,96	0,89	1,07	1,01	1,02	1,04	1,13	0,90	0,90
	2001	0,82	0,85	0,93	1,01	1,07	1,11	1,17	1,13	1,09	0,97	0,87	0,87	1,06	0,98	0,98	1,01	1,09	0,93	0,90
	2002	0,76	0,89	0,95	1,01	1,06	1,08	1,13	1,15	1,09	1,05	0,97	0,87	1,09	0,98	0,98	1,00	1,08	0,92	0,94
	2003	0,76	0,81	0,91	0,97	1,06	1,10	1,13	1,18	1,11	1,05	1,01	0,93	1,08	1,00	0,98	1,00	1,08	0,93	0,94
	2004	0,75	0,85	0,93	1,01	1,03	1,06	1,12	1,15	1,10	1,09	0,94	0,94	1,08	1,00	1,00	1,01	1,08	0,93	0,91
	2005	0,80	0,84	0,90	1,02	1,08	1,11	1,16	1,18	1,10	1,06	0,96	0,90	1,08	1,00	1,01	1,03	1,11	0,93	0,93
	2006	0,75	0,82	0,90	1,03	1,04	1,08	1,14	1,14	1,11	1,10	0,98	0,90	1,06	0,98	1,00	1,03	1,13	0,94	0,88
	2007	0,84	0,89	0,98	1,05	1,07	1,09	1,09	1,10	1,04	1,02	0,94	0,89	1,06	0,98	0,99	1,02	1,12	0,94	0,90
	2008	0,81	0,89	0,94	1,00	1,06	1,07	1,11	1,12	1,05	1,05	0,98	0,92	1,07	0,98	0,98	1,00	1,11	0,92	0,92
	2009	0,80	0,85	0,93	1,03	1,06	1,07	1,13	1,19	1,08	1,03	0,96	0,88	1,07	0,98	0,97	1,00	1,12	0,94	0,94
2010	0,91	1,04	0,96	0,99	0,95	1,00	1,06	1,03	0,96	1,00	1,09	1,00	1,05	0,97	0,97	0,99	1,13	0,95	0,92	
trend	0,80	0,87	0,92	1,01	1,05	1,08	1,12	1,14	1,07	1,04	0,98	0,91	1,07	0,99	0,99	1,01	1,11	0,93	0,92	
14	Census I	0,81	0,88	0,95	1,02	1,03	1,08	1,07	1,07	1,07	1,00	0,95	0,95	1,00	1,03	1,04	1,05	1,14	0,94	0,80
	2004	0,73	0,93	1,02	1,05	1,04	1,09	1,07	1,08	1,05	1,05	0,95	0,94	1,02	1,06	1,08	1,08	1,13	0,97	0,80
	2005	0,86	0,89	0,91	1,05	1,04	1,11	1,07	1,07	1,08	1,05	0,97	0,92	1,00	1,03	1,05	1,06	1,12	0,94	0,79
	2006	0,80	0,86	0,95	1,01	1,03	1,07	1,06	1,07	1,08	1,09	1,00	0,96	1,00	1,02	1,03	1,06	1,15	0,95	0,78
	2007	0,84	0,89	0,99	1,03	1,03	1,08	1,06	1,05	1,05	1,05	0,99	0,93	1,02	1,03	1,04	1,05	1,15	0,94	0,78
	2008	0,84	0,92	0,96	1,04	1,02	1,10	1,07	1,08	1,06	1,05	0,97	0,93	1,04	1,03	1,05	1,05	1,14	0,91	0,77
	2009	0,83	0,90	0,94	1,01	1,04	1,07	1,11	1,07	1,08	1,05	1,00	0,91	1,04	1,05	1,04	1,04	1,13	0,92	0,80
	2010	0,79	0,87	0,97	1,00	1,05	1,08	1,07	1,08	1,08	1,09	0,99	0,93	1,02	1,04	1,05	1,04	1,12	0,93	0,80
	trend	0,81	0,89	0,96	1,03	1,04	1,08	1,07	1,07	1,06	1,06	0,98	0,93	1,02	1,04	1,05	1,05	1,13	0,94	0,79
	20	Census I	0,78	0,83	0,88	0,97	1,03	1,12	1,28	1,20	1,07	1,02	0,94	0,90	0,97	1,01	1,03	1,05	1,15	0,90
2004		0,77	0,83	0,87	0,97	1,04	1,09	1,28	1,25	1,06	1,02	0,92	0,90	0,99	1,04	1,05	1,06	1,17	0,92	0,84
2005		0,80	0,83	0,84	0,97	1,04	1,15	1,28	1,25	1,05	1,01	0,91	0,88	0,97	1,03	1,06	1,07	1,14	0,90	0,84
2006		0,79	0,85	0,90	1,01	1,04	1,15	1,29	0,96	1,09	1,06	0,93	0,93	0,98	1,04	1,03	1,05	1,15	0,90	0,85
2007		0,81	0,85	0,91	1,00	1,03	1,12	1,25	1,20	1,06	1,02	0,91	0,86	0,97	1,01	1,04	1,05	1,15	0,91	0,87
2008		0,82	0,87	0,90	0,95	1,02	1,11	1,21	1,17	1,04	1,01	0,97	0,92	1,00	1,01	1,03	1,05	1,14	0,89	0,88
2009		0,77	0,86	0,90	0,99	1,03	1,14	1,26	1,23	1,07	0,99	0,92	0,84	1,01	1,04	1,04	1,05	1,13	0,87	0,87
trend		0,79	0,85	0,89	0,98	1,03	1,13	1,26	1,18	1,06	1,02	0,93	0,89	0,99	1,03	1,04	1,05	1,15	0,90	0,86
21	Census I	0,82	0,85	0,90	1,01	1,00	1,05	1,13	1,18	1,10	1,06	1,00	0,91	0,88	1,00	1,05	1,05	1,10	1,06	0,87
	2005	0,81	0,85	0,87	1,01	1,01	1,05	1,15	1,15	1,10	1,08	1,00	0,91	0,86	0,99	1,07	1,05	1,08	1,01	0,86
	2006	0,79	0,85	0,90	1,01	1,00	1,04	1,13	1,18	1,12	1,07	1,01	0,94	0,88	1,00	1,06	1,06	1,09	1,08	0,84
	2007	0,86	0,87	0,94	1,02	1,01	1,06	1,14	1,14	1,08	1,03	0,97	0,88	0,88	1,01	1,05	1,05	1,09	1,06	0,85
	2008	0,88	0,96	0,99	1,03	1,04	1,04	1,10	1,11	1,04	1,00	0,92	0,90	0,93	1,02	1,07	1,05	1,09	1,02	0,84
	2009	0,84	0,87	0,91	1,02	1,00	1,05	1,14	1,18	1,07	1,03	0,98	0,91	0,95	1,03	1,05	1,04	1,10	1,01	0,88
	2010	0,81	0,87	0,98	1,03	1,03	1,05	1,13	1,16	1,11	1,06	0,98	0,78	0,93	1,03	1,04	1,03	1,06	1,02	0,86
trend	0,83	0,88	0,93	1,02	1,02	1,05	1,13	1,15	1,09	1,04	0,98	0,89	0,91	1,01	1,06	1,05	1,09	1,03	0,85	

st. nr	model	miesiąc												dzień tygodnia						
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd
30	Census 1	0,83	0,89	0,95	1,01	1,03	1,08	1,06	1,08	1,11	1,08	0,99	0,91	1,01	1,02	1,06	1,06	1,14	0,89	0,82
	2001	0,87	0,89	0,94	1,01	1,04	1,06	1,05	1,07	1,09	1,08	0,99	0,91	1,02	1,04	1,06	1,08	1,17	0,87	0,77
	2002	0,84	0,87	0,94	0,98	1,04	1,08	1,08	1,10	1,11	1,11	1,00	0,87	1,00	1,04	1,06	1,06	1,16	0,88	0,79
	2003	0,79	0,91	0,96	1,02	1,03	1,06	1,07	1,08	1,11	1,08	1,00	0,88	1,02	1,02	1,05	1,06	1,14	0,87	0,79
	2004	0,81	0,87	0,94	0,97	1,06	1,09	1,05	1,08	1,13	1,08	1,00	0,92	1,05	1,04	1,04	1,06	1,15	0,87	0,79
	2005	0,81	0,92	0,99	1,02	1,06	1,06	1,03	1,05	1,09	1,07	0,95	0,94	1,03	1,04	1,07	1,06	1,13	0,88	0,79
	2006	0,84	0,89	0,90	1,02	1,03	1,10	1,07	1,08	1,11	1,06	0,98	0,91	1,03	1,02	1,07	1,08	1,13	0,86	0,80
	2007	0,88	0,89	0,97	1,04	1,04	1,10	1,08	1,10	1,13	1,09	0,78	0,90	1,02	1,02	1,05	1,08	1,14	0,96	0,80
	2008	0,85	0,92	1,00	1,01	1,03	1,07	1,05	1,06	1,10	1,05	0,97	0,89	0,99	1,03	1,06	1,05	1,15	0,89	0,81
	2009	0,88	1,00	0,98	1,02	0,99	1,09	1,03	1,04	1,05	1,04	0,97	0,90	1,01	1,02	1,06	1,06	1,12	0,88	0,83
	2010	0,90	0,98	1,03	1,01	0,99	0,97	1,08	1,11	1,10	1,06	1,00	0,80	1,02	1,01	1,03	1,03	1,11	0,90	0,88
	trend	0,85	0,91	0,96	1,01	1,03	1,07	1,06	1,08	1,10	1,07	0,96	0,89	1,02	1,03	1,06	1,06	1,14	0,89	0,80
31	Census 1	0,81	0,88	0,93	1,02	1,05	1,08	1,11	1,10	1,06	1,05	0,98	0,93	0,99	0,97	0,98	1,01	1,06	1,00	0,99
	2003	0,77	0,81	0,90	0,99	1,06	1,11	1,12	1,13	1,11	1,06	1,01	0,93	0,99	0,99	0,98	1,00	1,10	1,00	0,96
	2004	0,78	0,88	0,94	1,03	1,05	1,08	1,12	1,12	1,08	1,08	0,95	0,88	1,00	0,99	1,00	1,01	1,10	1,00	0,97
	2005	0,84	0,86	0,90	1,01	1,06	1,11	1,15	1,13	1,03	1,01	0,98	0,93	1,00	0,98	0,99	1,02	1,08	0,98	0,97
	2006	0,79	0,84	0,90	1,05	1,06	1,09	1,12	1,10	1,07	1,06	0,97	0,95	0,99	0,96	0,98	1,01	1,11	1,00	0,95
	2007	0,83	0,87	0,96	1,02	1,04	1,05	1,08	1,10	1,07	1,07	0,98	0,93	1,00	0,97	0,98	1,01	1,07	1,00	0,97
	2008	0,85	0,92	0,96	1,00	1,04	1,06	1,08	1,08	1,04	1,04	0,98	0,93	1,02	0,98	0,98	1,01	1,02	1,00	1,00
	2009	0,84	0,91	0,95	1,03	1,07	1,07	1,11	1,09	1,05	1,01	0,96	0,90	1,03	0,98	0,98	0,99	1,01	1,00	1,02
	2010	0,81	0,90	0,99	1,02	1,09	1,12	1,13	1,08	1,03	1,01	0,95	0,87	1,01	0,97	0,98	1,00	1,01	0,99	0,99
		trend	0,81	0,87	0,94	1,02	1,06	1,09	1,11	1,10	1,06	1,04	0,97	0,92	1,00	0,98	0,98	1,01	1,06	1,00

Tab. 4.17. Porównanie wartości wskaźników wahań tygodniowych W_i wyznaczonych według *Census 1* oraz wzoru 2.2.6 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi w 2010 roku

st. nr	model	dzień tygodnia						
		pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd
1	Census 1	0,95	1,06	1,05	1,06	1,14	0,88	0,86
	wzór 2.2.6	0,99	1,05	1,04	1,03	1,10	0,90	0,88
2	Census 1	0,92	1,02	1,00	1,03	1,10	0,99	0,94
	wzór 2.2.6	0,95	0,99	0,97	0,99	1,06	1,02	1,02
5	Census 1	1,04	1,08	1,09	1,09	1,15	0,85	0,70
	wzór 2.2.6	1,05	1,07	1,08	1,05	1,10	0,88	0,77
9	Census 1	1,01	1,00	1,01	1,07	1,19	0,91	0,82
	wzór 2.2.6	1,01	1,00	1,02	1,05	1,14	0,91	0,88
16	Census 1	1,04	1,02	1,02	1,04	1,22	0,83	0,84
	wzór 2.2.6	1,03	0,97	0,98	1,00	1,16	0,92	0,96
29	Census 1	1,00	1,06	1,06	1,07	1,13	0,90	0,78
	wzór 2.2.6	1,00	1,04	1,05	1,03	1,08	0,94	0,86
41	Census 1	0,93	1,05	1,02	1,03	1,06	1,03	0,89
	wzór 2.2.6	0,98	1,04	1,03	1,02	1,03	1,03	0,88

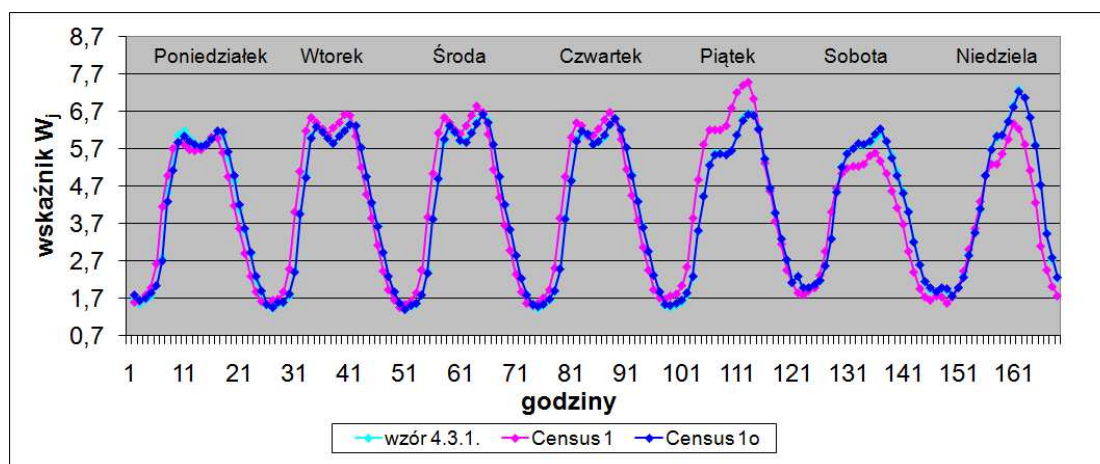
W przypadku zmienności dobowej do analiz wykorzystano model o okresie $T_1 = 24$ (szereg wyjściowy stanowią natężenia godzinowe z całego roku osobno dla każdego dnia tygodnia) oraz $T_2 = 168$ (szereg wyjściowy stanowią natężenia godzinowe od 1.01. do 23.12. włącznie). Ze względu na wymaganą ciągłość danych analizy wykonano na danych jak w przypadku zmienności tygodniowej. W tab. 4.18 przedstawiono przykładowe wskaźniki (*Census 1* oznacza okres 168, *Census 1o* okres 24) uzyskane dla środy. Graficzną ilustrację przedstawiono na rysunku 4.8.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że wskaźniki zmienności sezonowej i tygodniowej uzyskane w wyniku dekompozycji sezonowej *Census 1* dają wartości pośrednie pomiędzy wskaźnikami uzyskanymi według wzoru 2.2.6 w kolejnych latach. Średnia różnica pomiędzy trendem wskaźników uzyskanych wg wzoru 2.2.6 a wskaźnikami uzyskanymi z dekompozycji wynosi około 1%. W przypadku zmienności dobowej wskaźniki uzyskane w wyniku dekompozycji sezonowej o okresie 24 niemal pokrywają się ze wskaźnikami uzyskanymi wg wzoru 4.3.1. W przypadku dekompozycji sezonowej o okresie 168 uzyskano

wskaźniki odbiegające od pozostałych metod szczególnie w piątki – niedziele. Wynikać to może z braku uwzględnienia w metodzie *Census 1* dni ustawowo wolnych od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanych (poza okresem związanym z Bożym Narodzeniem). Najwięcej takich dni przypadało właśnie w 2010 roku na piątek (10), oraz sobotę i niedzielę (po 9 dni). Uzyskane wyniki potwierdzają, że modele szeregów czasowych mogą być stosowane w analizach danych ruchowych, w tym do wyznaczania typowych zmienności natężenia ruchu. Jednakże ze względu na braki w ciągłości dostępnych danych (około 80%) a także złożoność metody bardziej korzystne jest stosowanie metody średnich.

Tab. 4.18. Porównanie wartości wskaźników wahań dobowych W_{gi} wyznaczonych według *Census 1*, *Census 1o* oraz wzoru 4.3.1 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi w 2010 roku

st. nr	model	środa																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	z definicji	1,57	1,40	1,50	1,55	1,79	2,43	3,83	4,88	5,88	6,26	6,12	5,88	5,91	6,13	6,43	6,64	6,45	5,81	4,92	4,18	3,53	2,85	2,23	1,81
	Census 1	1,46	1,54	1,63	1,84	2,45	3,87	5,04	6,11	6,54	6,41	6,19	6,09	6,30	6,60	6,83	6,68	6,09	5,16	4,40	3,66	2,98	2,34	1,88	1,58
	Census 1o	1,58	1,41	1,50	1,56	1,79	2,39	3,82	4,90	5,95	6,32	6,15	5,92	5,86	6,11	6,38	6,61	6,40	5,80	4,94	4,20	3,54	2,85	2,23	1,80
2	z definicji	1,53	1,80	1,76	1,63	1,75	2,50	3,66	4,97	6,18	6,69	6,40	5,98	6,07	6,21	6,62	6,47	6,14	5,45	4,81	3,88	3,15	2,57	2,08	1,68
	Census 1	1,76	1,70	1,63	1,71	2,32	3,44	4,71	5,88	6,46	6,29	5,82	5,88	6,04	6,41	6,34	6,04	5,41	4,74	3,83	3,11	2,54	2,06	1,65	1,50
	Census 1o	1,56	1,83	1,77	1,64	1,76	2,46	3,62	4,94	6,13	6,71	6,38	5,94	6,07	6,21	6,64	6,48	6,16	5,48	4,81	3,89	3,17	2,56	2,09	1,68
5	z definicji	0,57	0,48	0,46	0,60	1,29	4,53	6,16	6,52	5,82	5,75	5,70	5,63	5,66	5,83	6,36	7,06	7,57	6,65	5,35	4,10	3,04	2,27	1,69	0,88
	Census 1	0,52	0,48	0,62	1,33	4,56	6,44	6,94	6,32	6,17	6,11	6,02	6,02	6,19	6,72	7,44	8,08	7,29	5,90	4,46	3,35	2,43	1,83	1,00	0,65
	Census 1o	0,57	0,49	0,46	0,59	1,29	4,51	6,16	6,50	5,83	5,75	5,73	5,64	5,66	5,81	6,34	7,04	7,59	6,67	5,42	4,10	3,04	2,24	1,68	0,88
9	z definicji	1,21	1,03	1,00	1,09	1,47	2,31	3,63	4,81	5,60	5,92	5,90	5,78	5,74	6,04	6,32	6,64	6,76	6,43	5,81	5,03	4,19	3,12	2,42	1,77
	Census 1	1,05	1,02	1,10	1,48	2,31	3,65	4,81	5,59	5,98	5,96	5,91	5,84	6,09	6,36	6,66	6,80	6,50	5,89	5,12	4,23	3,17	2,44	1,78	1,34
	Census 1o	1,19	1,02	1,00	1,09	1,46	2,30	3,64	4,85	5,63	5,93	5,92	5,85	5,77	6,05	6,33	6,63	6,76	6,44	5,79	5,02	4,12	3,08	2,38	1,73
16	z definicji	1,50	1,23	1,10	1,17	1,56	2,41	3,35	4,30	5,18	5,69	5,64	5,57	5,48	5,64	5,88	6,20	6,53	6,60	6,14	5,51	4,65	3,67	2,90	2,11
	Census 1	1,23	1,09	1,16	1,52	2,34	3,25	4,19	5,04	5,54	5,62	5,54	5,39	5,53	5,72	6,07	6,33	6,47	6,05	5,44	4,57	3,63	2,84	2,08	1,62
	Census 1o	1,53	1,25	1,12	1,18	1,57	2,44	3,38	4,33	5,22	5,72	5,68	5,56	5,48	5,62	5,86	6,20	6,48	6,58	6,12	5,49	4,61	3,63	2,85	2,09
29	z definicji	0,35	0,23	0,19	0,26	0,54	1,82	5,62	6,35	6,40	6,19	6,05	6,01	6,04	6,15	6,63	7,41	7,53	7,18	6,03	4,55	3,51	2,48	1,66	0,82
	Census 1	0,24	0,20	0,26	0,54	1,77	5,58	6,61	6,67	6,53	6,37	6,23	6,29	6,38	6,84	7,58	7,92	7,59	6,45	4,81	3,69	2,61	1,76	0,89	0,44
	Census 1o	0,34	0,22	0,18	0,26	0,54	1,82	5,63	6,39	6,42	6,22	6,06	6,03	6,03	6,15	6,62	7,40	7,56	7,19	6,04	4,51	3,48	2,45	1,64	0,80
41	z definicji	2,47	2,02	1,89	2,07	2,55	3,36	4,28	4,95	5,07	5,06	5,21	5,30	5,35	5,55	5,62	5,94	5,81	5,36	4,96	4,55	4,02	3,40	2,80	2,43
	Census 1	2,12	1,95	2,08	2,57	3,36	4,26	5,02	5,14	5,18	5,25	5,36	5,45	5,60	5,65	6,04	6,01	5,58	5,08	4,70	4,14	3,50	2,90	2,44	2,43
	Census 1o	2,48	2,03	1,90	2,08	2,54	3,34	4,26	4,98	5,07	5,07	5,20	5,27	5,35	5,54	5,59	5,92	5,84	5,43	4,96	4,58	3,99	3,40	2,79	2,40



Rys. 4.8. Porównanie wartości wskaźników wahań dobowych W_{gi} wyznaczonych według *Census 1*, *Census 1o* oraz według wzoru 4.3.1 dla ogółu pojazdów w przekroju drogi – stanowisko nr 1

4.4. Określenie kryteriów podziału sieci dróg z wykorzystaniem cech zmienności natężeń ruchu oraz wyróżnionych cech dróg i ich otoczenia

Analizy prowadzono osobno w każdym z trzech podstawowych okresów zmienności ruchu tj.: godziny w dobie, dni w tygodniu i miesiące w roku w dwóch grupach rodzajowych tj.: ogół pojazdów i pojazdy ciężkie. Jako dane wejściowe wykorzystano wskaźniki

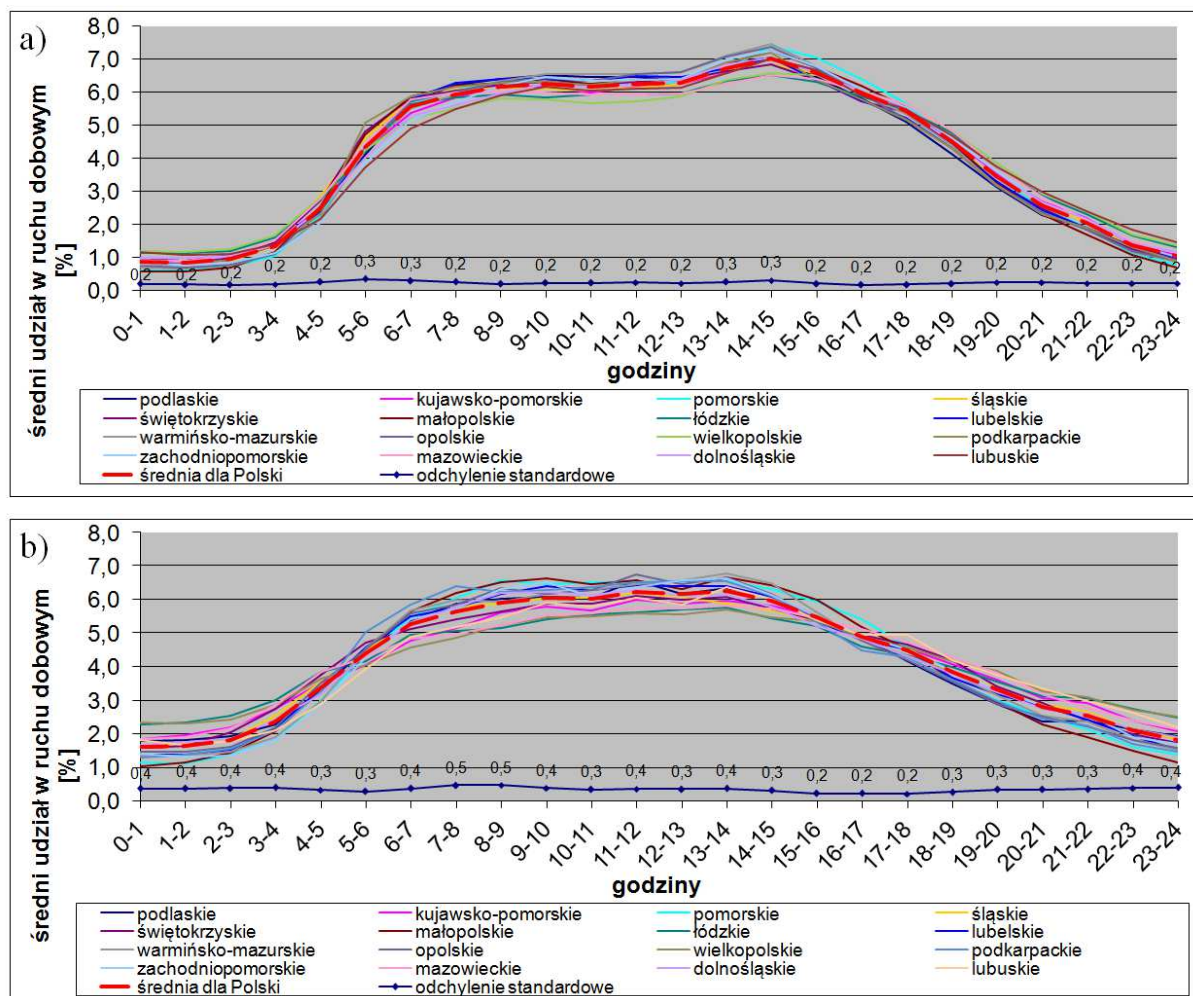
zmienności sezonowej, tygodniowej i dobowej wyznaczone z definicji (wzór 2.2.6 i 4.3.1) zgodnie z p. 4.3.1, dla danych pochodzących ze stacji *Golden River* (dane ze stacji *Traxelektronik* ze względu na brak pewności co do ich prawdziwości nie zostały użyte) oraz w przypadku zmienności dobowej dla danych pochodzących z *GPR* i *PR*. Początkowo analizy prowadzono w różnych grupach tj. z uwzględnieniem przekroju poprzecznego (1x2, 2x2), klasy technicznej (*GP*, *A*), rodzaju pobocza (utwardzone, gruntowe) ale ze względu na zbyt małą próbę ostatecznie zdecydowano na łączną analizę całego zbioru. W przypadku zmienności sezonowej analizy prowadzono wyłącznie w przekroju drogi. W przypadku zmienności tygodniowej w pierwszym etapie podzielono dane na kierunki ruchu (stacje w których wskaźniki zmienności tygodniowej zależą lub nie od kierunków ruchu) oraz wydzielono stacje w których wskaźniki zmienności tygodniowej znacznie odbiegają od pozostałych. Ostatecznie uzyskano dwie grupy danych (analizy prowadzono osobno w każdej z grup) tj:

- stacje odbiegające od wartości przeciętnych (numer 21, 41, 27, 36 i 38) w rozróżnieniu na kierunki ruchu. W toku analiz wydzielono podgrupę: stacje zlokalizowane w ciągu autostrady A2 (27, 36 i 38),
- pozostałe stacje w tym: z rozróżnieniem na kierunki ruchu dla ogółu pojazdów (stacje numer 1, 2, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 23, 29, 30, 31, 34 i 40), dla pojazdów ciężkich (stacje numer 1, 2, 11, 12, 14, 15, 17, 34 i 40); bez uwzględniania rozkładu kierunkowego (w przekroju drogi) dla ogółu pojazdów (stacje numer 3, 4, 5, 6, 9, 13, 18, 22, 28, 33 i 37), dla pojazdów ciężkich (stacje numer 3, 4, 5, 6, 9, 10, 13, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 26, 28, 29, 30, 31, 33 i 37).

Z analiz dotyczących zmienności sezonowej dla pojazdów ciężkich usunięto stację numer 37, ze względu na brak stabilności profili w dłuższym okresie czasu (budowa autostrady A2 od roku 2001). W przypadku zmienności dobowej analizy prowadzono oddzielnie na danych pochodzących ze stacji *Golden River*, *GPR* oraz *PR*, przy uwzględnieniu kierunków ruchu (ze względu na dostępność danych w przypadku dróg wojewódzkich zdecydowano się na prowadzenie analiz w przekroju drogi). W przypadku stacji *Golden River* przeprowadzono szczegółowe analizy dla okresu od wtorku do czwartku (uśrednione wartości) oraz uproszczone dla pozostałych dni (tylko wyznaczenie profili zmienności ruchu bez podawania charakterystyk). Ponieważ w 2010 roku nie we wszystkich stacjach były prowadzone pomiary dlatego też bazę uzupełniono o dane pochodzące ze stacji 3, 19, 20, 30 i 36 z roku 2009, 38 z roku 2008 oraz 18 z 2007. Z analiz wydzielono stacje o znacznie odbiegających profilach zmienności dobowej (stacja numer 18, 26, 30 i 33 dla ogółu pojazdów oraz 3 i 29 dla pojazdów ciężkich).

W przypadku *GPR* i *PR* analizy ograniczono jedynie do wyznaczenia typowych profili zmienności dobowej. Ze względu na przypuszczalny wpływ obszaru terytorialnego na kształt poszukiwanych profili, w pierwszym etapie analizy prowadzono osobno dla każdego z województw (dane z roku 2005). Okazało się jednak że przy takim podejściu uzyskano

bardzo zbliżone kształty profili zmienności (rys. 4.9) dlatego też dalsze analizy prowadzono łącznie dla całego kraju.



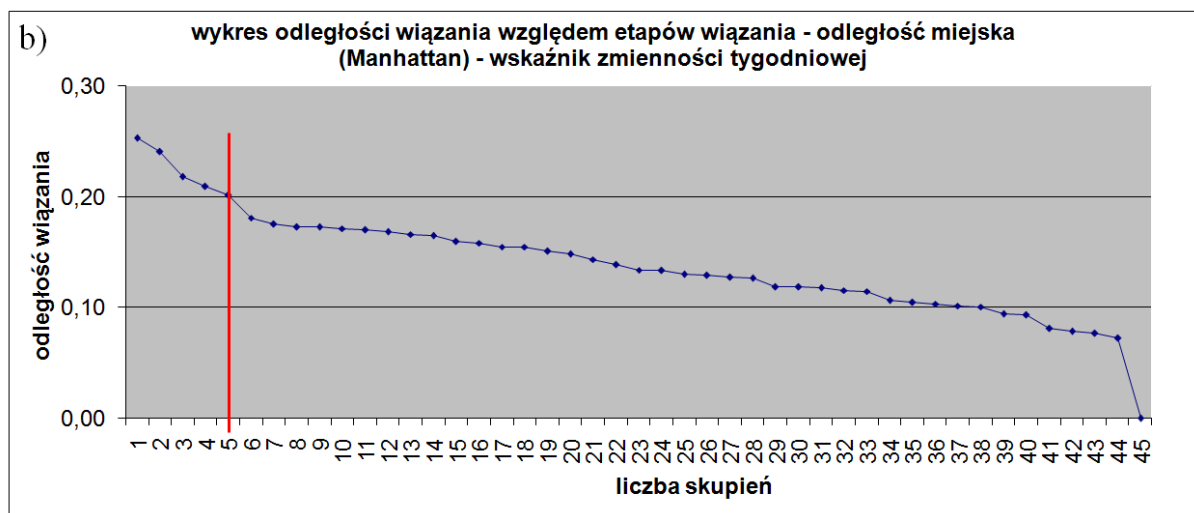
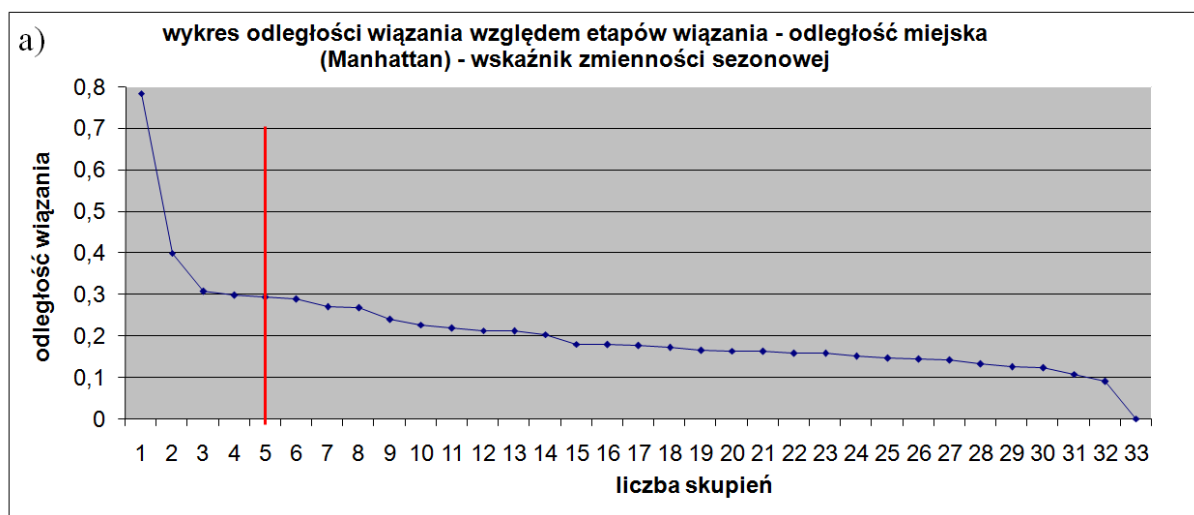
Rys. 4.9. Profile dobowej zmienności ruchu dla dróg krajowych (GPR 2005) w przekroju drogi, odpowiednio dla: a) - ogółu pojazdów, b) - pojazdów ciężkich

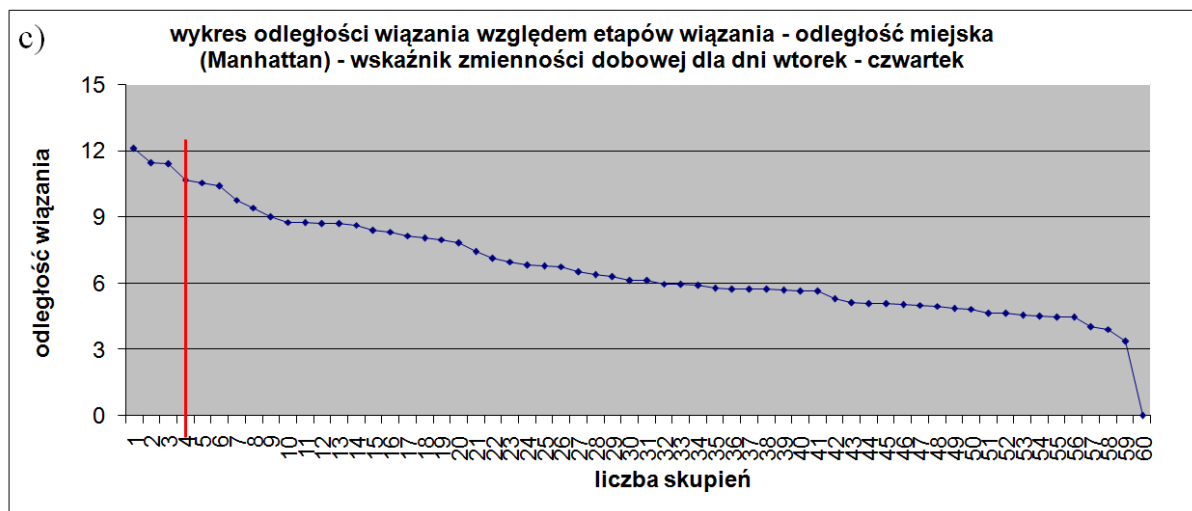
4.4.1. Analiza skupień

Podstawową ideą analizy skupień (cluster analysis) jest rozdzielenie obiektów do pewnej (ustalonej lub nieustalonej z góry) liczby grup w taki sposób, aby stopień powiązania obiektów z obiektami należącymi do tej samej grupy był jak największy, a z obiektami z pozostałych grup jak najmniejszy [99]. Analiza skupień nie jest testem statystycznym tylko zbiorem różnych algorytmów, które grupują obiekty w skupienia (wykrycie struktur w danych bez wyjaśniania dlaczego one występują). W pracy w pierwszym etapie analiz wykorzystano algorytm aglomeracji gdzie przy formowaniu skupień wykorzystano metodę pojedynczego wiązania (najbliższego sąsiedztwa) a jako miarę rozbieżności, odległość miejską (Manhattan, City block). Przez to, że odległość ta jest sumą różnic mierzoną wzdłuż wymiaru (wzór 4.4.1), wpływ pojedynczych przypadków odstających jest stłumiony.

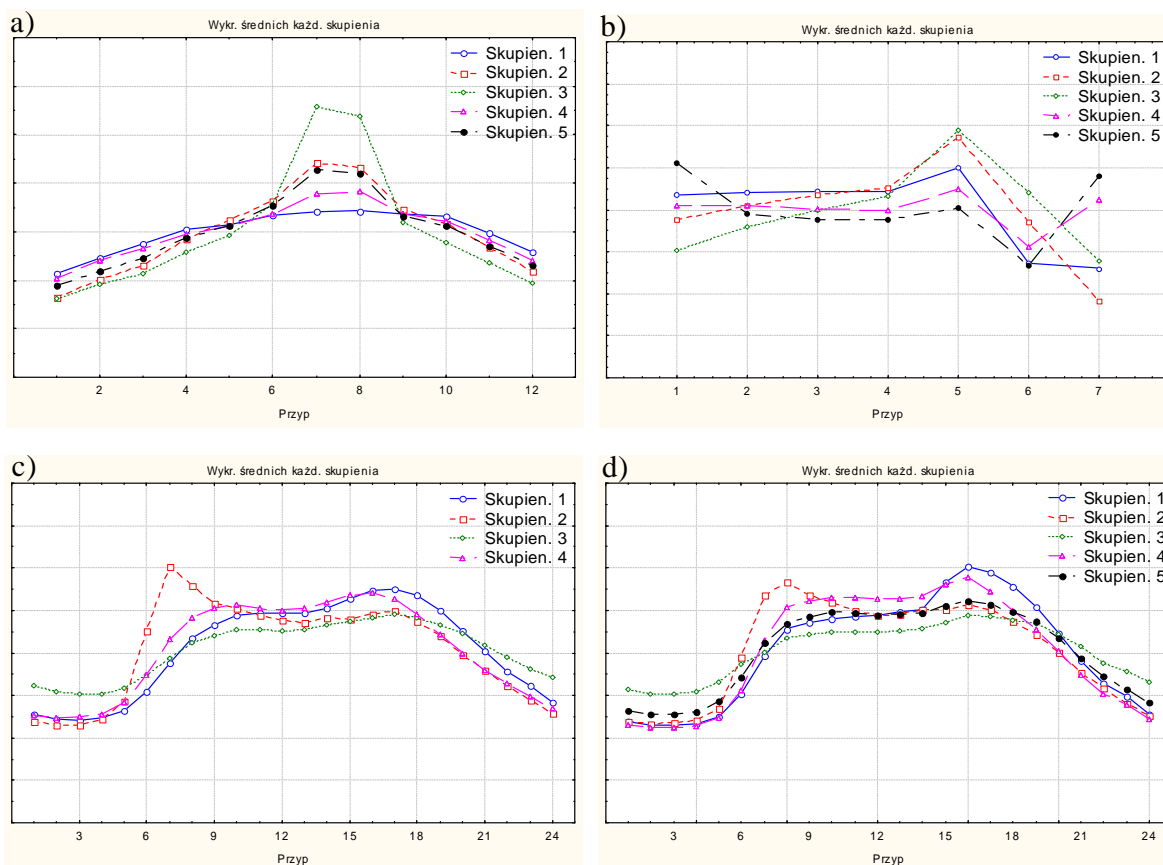
$$d(x, y) = \sum_{i=1}^p |x_i - y_i| \quad (4.4.1)$$

Wynikiem aglomeracji jest drzewo hierarchiczne (początkowo każdy obiekt jest odrębnym skupieniem, następnie stopniowo zostaje osłabione kryterium przynależności do danego skupienia w wyniku czego stopniowo łączy się najbliższe siebie skupienia, aż do uzyskania jednego skupienia). Na jego podstawie a także przesłanek literaturowych sformułowano hipotezę na temat liczby skupień (od 3 do 5 - czerwona linia na rys. 4.10 i 4.11). W drugim etapie analiz, wykorzystano algorytm grupowania metodą k-średnich (jako wstępne centra skupień wybrano obserwacje tak by zmaksymalizować odległości skupień). Metoda ta pozwala na utworzenie k skupień, w możliwie największym stopniu różniących się od siebie (zasada odwróconej analizy wariancji - przenosimy obiekty do i z grup tak aby otrzymać najbardziej istotne wyniki analizy wariancji).





Rys. 4.10. Diagram drzewa hierarchicznego, pojedyncze wiązanie, odległość miejska, ogółu pojazdów dla: a) – zmienności sezonowej (przekrój drogi), b) – zmienności tygodniowej dla przeciętnych wartości (kierunek 1 i 2), c) – zmienności dobowej (kierunek 1 i 2)



Rys. 4.11. Wykres średnich każdego ze skupień ogółu pojazdów dla: a) – zmienności sezonowej, b) – zmienności tygodniowej dla przeciętnych wartości, c) – zmienności dobowej, d) – zmienność dobową dane z GPR 2010

Na rys. 4.10.a-d (przykładowo dla ogółu pojazdów, przeciętnych wartości), przedstawiono diagram drzewa hierarchicznego a na rys. 4.11.a-c wykres średnich każdego skupienia (liczba skupień zgodna z diagramem drzewa). W przypadku zmienności dobowej dodatkowo przedstawiono wykres średnich dla danych pochodzących z GPR 2010 (rys.

4.11.d). Ponieważ we wszystkich przypadkach zmienności uzyskano zbieżne wykresy średnich skupień, a także z uwagi na wynik aglomeracji (brak charakterystycznego punktu przecięcia wykresu wskazującego na optymalną liczbę skupień oraz brak jednoznacznego potwierdzenia słuszności przyjęcia liczby skupień zgodnie z literaturą) zdecydowano się zmniejszyć liczbę skupień. Tab. 4.19 i 4.20 przedstawia wynikowe numery stacji przynależnych do danego skupienia wraz z odległościami od środka właściwego skupienia (w przypadku zmienności dobowej na przykładzie dni od wtorku do czwartku – pozostałe dni tygodnia zamieszczono w załączniku).

Tab. 4.19. Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – ogół pojazdów

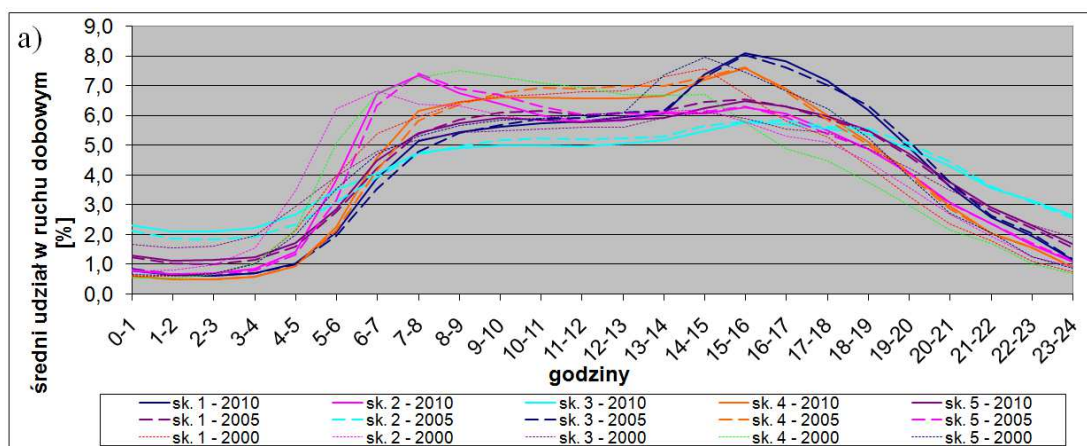
zmienność sezonowa				zmienność tygodniowa							zmienność dobowa															
				wartości przeciętne			odlegające od przeciętnych				wtorek - czwartek															
skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3	skupienie 4	skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3	skupienie 4	skupienie 5	inne	skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3	inne													
1	0,009	2	0,024	3	0,021	4	0,011	1 k1	0,021	2 k2	0,041	1 k2	0,030	27 k1	0,028	27 k2	0,024	21 k1	5 k1	0,661	1 k1	0,476	16 k2	0,541	18 k1	
12	0,008	5	0,030	6	0,019	9	0,018	14 k1	0,022	10 k1	0,039	2 k1	0,068	36 k2	0,043	36 k1	0,047	21 k2	10 k1	0,308	1 k2	0,371	21 k1	0,188	18 k2	
13	0,028	16	0,013	22	0,010	10	0,019	15 k1	0,038	11 k1	0,028	10 k2	0,027	38 k2	0,019	38 k1	0,025	41 k1	11 k1	0,346	2 k1	0,720	21 k2	0,227	26 k1	
14	0,012	20	0,017		11	0,009	17 k1	0,040	12 k1	0,030	11 k2	0,009						41 k2	12 k1	0,527	2 k2	0,445	27 k1	0,173	26 k2	
15	0,009	23	0,023		19	0,021	20 k1	0,023	16 k2	0,036	12 k2	0,068							13 k1	0,536	4 k1	0,245	27 k2	0,161	30 k1	
17	0,017	29	0,030		21	0,015	30 k2	0,026	19 k2	0,036	14 k2	0,026							15 k2	0,446	4 k2	0,187	41 k1	0,409	30 k2	
18	0,033	40	0,011		26	0,017	34 k2	0,031	23 k2	0,019	15 k2	0,023							17 k1	0,604	5 k2	0,603	41 k2	0,304	33 k1	
27	0,021				28	0,019	3	0,033	29 k1	0,033	16 k1	0,045							23 k2	0,793	6 k1	0,133	3 k1	0,297	33 k2	
30	0,014				37	0,023	4	0,044	31 k2	0,030	17 k2	0,021							28 k2	0,340	6 k2	0,272	3 k2	0,283		
31	0,019				41	0,030	5	0,022	40 k1	0,032	19 k1	0,051							29 k1	0,747	9 k1	0,228	38 k1	0,201		
33	0,015					6	0,059				20 k2	0,030							31 k2	0,780	9 k2	0,179	38 k2	0,328		
34	0,029					9	0,029				23 k1	0,041							34 k2	0,670	10 k2	0,352				
36	0,032					13	0,034				29 k2	0,025							20 k1	0,801	11 k2	0,392				
38	0,026					18	0,034				30 k1	0,060							36 k2	0,544	12 k2	0,677				
						22	0,024				31 k1	0,047										13 k2	0,641			
						26	0,058				34 k1	0,035										14 k1	0,644			
						28	0,032				40 k2	0,040										14 k2	0,537			
						33	0,018															15 k1	0,487			
						37	0,011															16 k1	0,554			
																						17 k2	0,651			
																						22 k1	0,463			
																						22 k2	0,311			
																						23 k1	0,931			
																						28 k1	0,523			
																						29 k2	0,881			
																						31 k1	0,517			
																						34 k1	0,455			
																						37 k1	0,303			
																						37 k2	0,365			
																						40 k1	0,401			
																						40 k2	0,540			
																						19 k1	0,862			
																						19 k2	0,534			
																						20 k2	0,667			
																						36 k1	0,623			

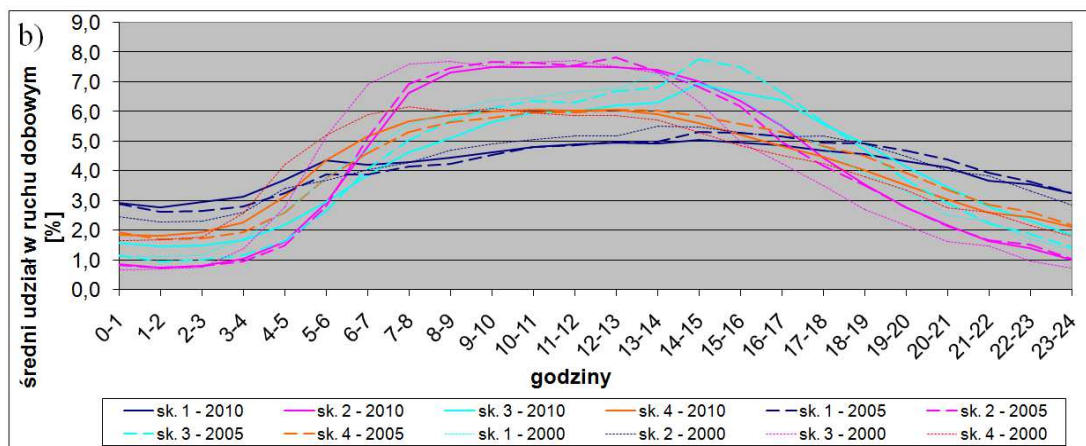
Tab. 4.20. Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – pojazdy ciężkie

zmienność sezonowa				zmienność tygodniowa							zmienność dobowa															
				wartości przeciętne			odlegające od przeciętnych				wtorek - czwartek															
skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3	skupienie 4	skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3	skupienie 4	skupienie 5	inne	skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3	skupienie 4	inne												
5	0,027	2	0,025	1	0,016	1 k1	0,019	3	0,039	1 k2	0,014	27 k1	0,031	27 k2	0,024	21 k1	5 k2	0,489	5 k1	0,376	1 k2	0,310	1 k1	0,394	29 k1	
6	0,025	9	0,016	3	0,027	2 k2	0,068	4	0,058	2 k1	0,074	36 k2	0,046	36 k1	0,037	21 k2	13 k1	0,567	26 k1	0,519	2 k1	0,586	2 k2	0,418	29 k2	
29	0,043	10	0,022	4	0,014	12 k1	0,032	5	0,040	12 k2	0,033	38 k2	0,028	38 k1	0,016	41 k1	13 k2	0,684	26 k2	0,462	4 k1	0,335	4 k2	0,295	3 k1	
33	0,015	13	0,035	11	0,016	14 k1	0,036	8	0,026	14 k2	0,031					41 k2	14 k1	0,561	28 k2	0,551	6 k1	0,231	6 k2	0,693	3 k2	
41	0,032	19	0,018	12	0,026	34 k2	0,037	9	0,034	34 k1	0,056						28 k1	0,319	18 k1	0,536	9 k1	0,213	9 k2	0,235		
		20	0,039	14	0,032	40 k1	0,041	10	0,011	40 k2	0,056						33 k1	0,311	18 k2	0,575	10 k1	0,598	12 k1	0,385		
		23	0,022	15	0,020			11 k1	0,050								33 k2	0,200			10 k2	0,406	12 k2	0,340		
		28	0,019	16	0,022			11 k2	0,038								37 k1	0,465			11 k1	0,286	16 k1	0,303		
		31	0,015	17	0,014			13	0,074								19 k1	0,65			11 k2	0,213	21 k1	0,366		
		34	0,045	18	0,020			15 k1	0,069								20 k1	0,49			14 k2	0,616	21 k2	0,275		
		38	0,046	21	0,032			15 k2	0,086								20 k2	0,46			15 k1	0,514	22 k2	0,468		
		40	0,024	22	0,022			16	0,014												15 k2	0,249	23 k1	0,467		
				26	0,028			17 k1	0,045												16 k2	0,513	27 k1	0,600		
				27	0,022			17 k2	0,034												17 k1	0,356	27 k2	0,257		
				30	0,012			18	0,044												17 k2	0,426	40 k1	0,506		
				36	0,012			19	0,022												22 k1	0,423	41 k2	0,597		
								20	0,046												23 k2	0,848	19 k2	0,830		
								22	0,046												31 k1	0,317	30 k1	0,399		
								23	0,018												31 k2	0,401	38 k1	0,403		
								26	0,035												34 k1	0,264	38 k2	0,653		
								28	0,033												34 k2	0,543				
								29	0,055												37 k2	0,509				
								30	0,022												40 k2	0,485				
								31	0,044												41 k1	0,744				
								33	0,017												30 k2	0,825				
								37	0,011												36 k1	0,240				
																					36 k2	0,248				

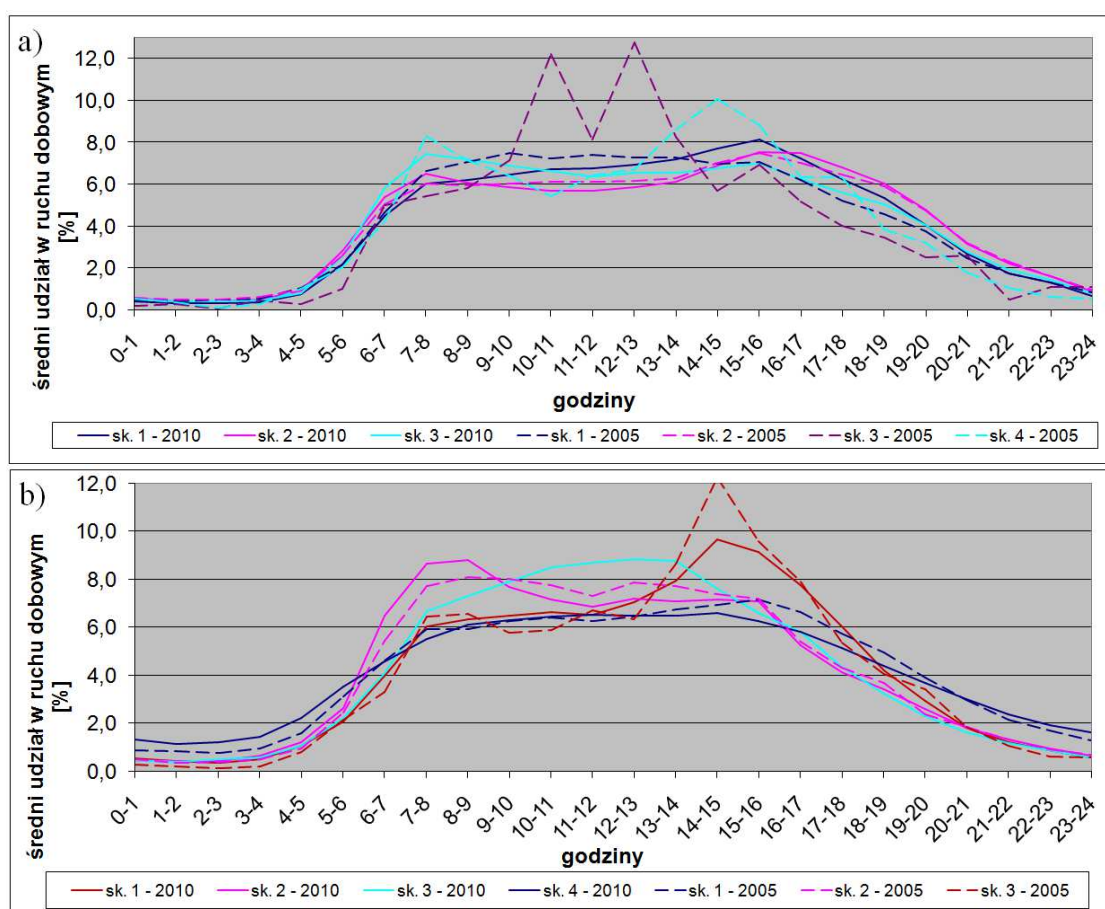
Z przeprowadzonych analiz wynika, że sieć dróg powinna być podzielona (ze względu na zmienność natężenia ruchu) na 3 do 6 grup. Uzyskano następującą liczbę grup w zależności od przypadku:

- dla zmienności sezonowej: dla ogółu pojazdów 4, dla pojazdów ciężkich 3,
- dla zmienności tygodniowej: zarówno dla ogółu pojazdów jak i pojazdów ciężkich 6,
- dla zmienności dobowej dla wtorku – czwartku (dane pochodzące ze stacji *Golden River - GR*): dla ogółu pojazdów 3, dla pojazdów ciężkich 4,
- dla zmienności dobowej dla środy (dane pochodzące z *GPR*): dla ogółu pojazdów 4 (ze względu na zbliżone profile połączono skupienie 1 i 4 z 2010 roku i odpowiadające im 3 i 4 z 2005), dla pojazdów ciężkich 4. Ponieważ profile zmienności dla danych z 2000 roku znacznie odbiegają od pozostałych postanowiono usunąć je z dalszych analiz – rys. 4.12 (potwierdza to także wynik badań [32]),
- dla zmienności dobowej dla okresu od wtorku do czwartku (łącznie dla danych pochodzących ze stacji *Golden River* oraz *GPR 2010* i *2005*): dla ogółu pojazdów 4 grupy tj. profile wyznaczone dla stacji *GR* (odpowiadające im odpowiednio skupienia 2, 5 i 3 dla *GPR 2010*) oraz średnia ze skupień 1 i 4 dla *GPR 2010*, dla pojazdów ciężkich 5 grup tj. profile wyznaczone dla stacji *GR* (odpowiadające im odpowiednio skupienia 2, 4 i 1 dla *GPR 2010*) oraz średnia ze skupienia 3 dla *GPR 2010*,
- dla zmienności dobowej dla poniedziałku i piątku: zarówno dla ogółu pojazdów jak i pojazdów ciężkich po 3,
- dla soboty: dla ogółu pojazdów 2, dla pojazdów ciężkich 3,
- dla niedzieli: dla ogółu pojazdów 2, dla pojazdów ciężkich 3,
- dla zmienności dobowej dla środy (dane pochodzące z *PR*): dla ogółu pojazdów 3, dla pojazdów ciężkich 4. Ze względu na znacznie większą bazę danych, przyjęto profile uzyskane dla roku 2010 (w większości zbieżne z rokiem 2005 – rys. 4.13).





Rys. 4.12. Profile dobowej zmienności ruchu dla dróg krajowych (GPR 2010, 2005, 2000) odpowiednio dla: a) - ogółu pojazdów, b) - pojazdów ciężkich



Rys. 4.13. Profile dobowej zmienności ruchu dla dróg wojewódzkich (PR 2010, 2005) odpowiednio dla: a) - ogółu pojazdów, b) - pojazdów ciężkich

Uwaga: profil odpowiadający sk.3 – 2005 (drogi wojewódzkie, ogółu pojazdów) uzyskano dla 7 odcinków dróg zlokalizowanych w województwie opolskim (DW410, 411, 417, 421 i 429).

4.4.2. Metody jakościowe (przynależność funkcjonalno/geograficzna)

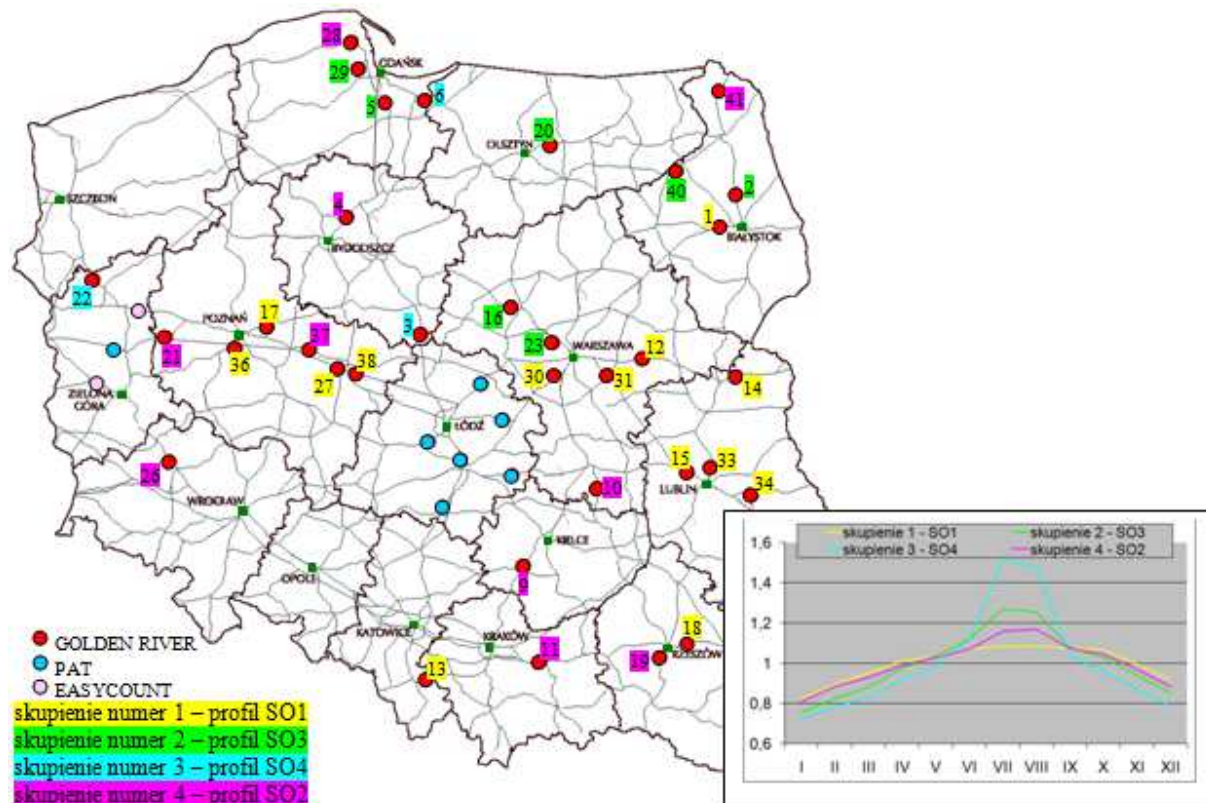
Podziału sieci dróg ze względu na przynależność funkcjonalno/geograficzną dokonano na bazie podziału uzyskanego w wyniku analizy skupień (p. 4.4.1) przy czym w pierwszej

kolejności dokonano wstępnego podziału na podstawie lokalizacji odcinków przynależnych do danego skupienia (profilu natężeń) a następnie dopiero przypisano im cechy funkcjonalno/geograficzne.

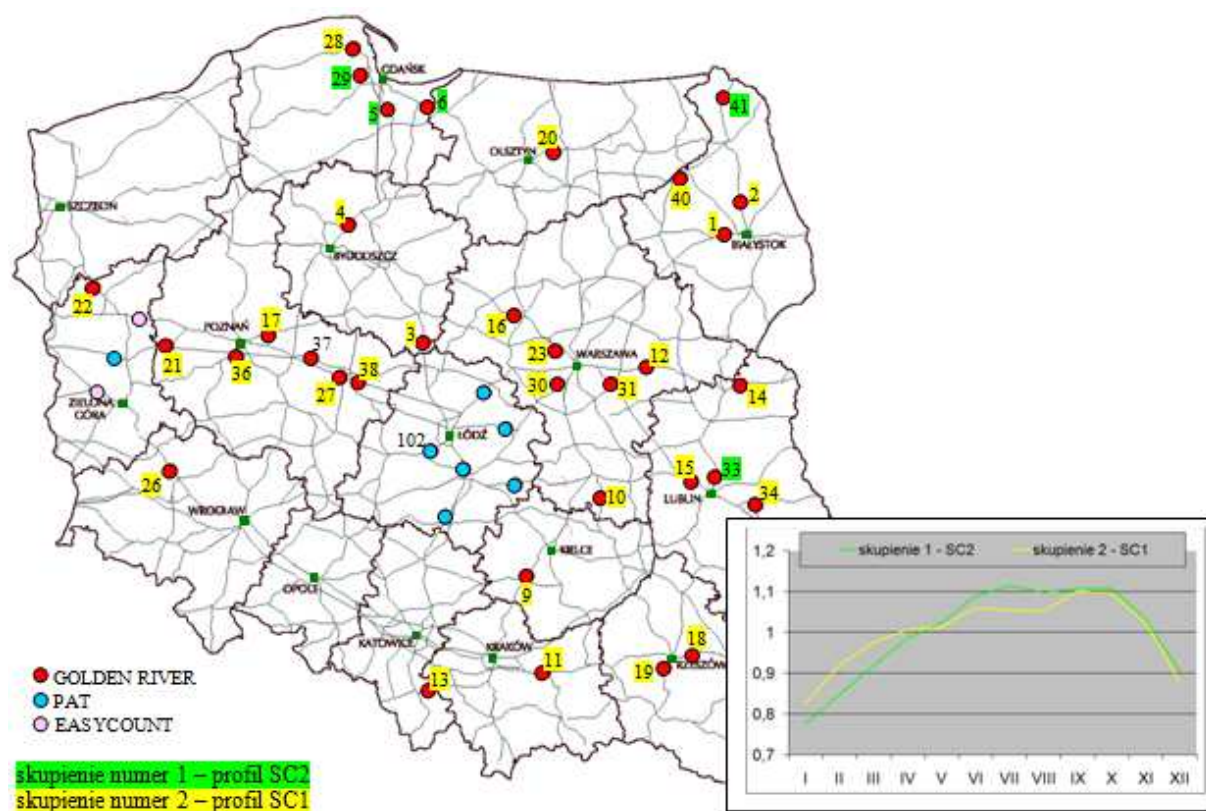
W przypadku **zmienności sezonowej** dla ogółu pojazdów, lokalizacja poszczególnych punktów pomiarowych przynależnych do danego skupienia, wyraźnie dzieli terytorium Polski na dwa obszary (rys. 4.14):

- W pierwszym obszarze tj.: Polsce centralnej, południowo-zachodniej, południowej i południowo-wschodniej, dominują skupienia numer 1 i 4, charakteryzujące się bardzo małymi i małymi sezonowymi wahaniami ruchu (profil *SO1*, *SO2*). Odcinki dróg należące do profilu *SO1* (skupienie numer 1) zlokalizowane są na głównych trasach łączących wschód z zachodem Polski (DK2, A2, DK4), na drogach przenoszących międzynarodowy ruch (głównie pojazdów ciężkich) oraz na drogach leżących w bliskim sąsiedztwie miast wojewódzkich lub byłych wojewódzkich (do 20 km od nich). Odcinki należące do profilu *SO2* (skupienie numer 4) zlokalizowane są na pozostałych drogach głównie na kierunku północ – południe,
- W drugim obszarze tj.: od Polski centralnej (na północ od Warszawy, Poznania) do morza Bałtyckiego oraz Warmii, Mazur i Podlasia, dominują skupienia nr 2 i 3, charakteryzujące się znaczną amplitudą zmian (profil *SO3*, *SO4*). Odcinki dróg należące do profilu *SO4* (skupienie numer 3) zlokalizowane są na głównych trasach łączących północ z południem Polski tj. na DK1, DK3 oraz DK7 (poza oddziaływaniem aglomeracji miejskich). Odcinki należące do profilu *SO3* (skupienie 2) zlokalizowane są na pozostałych drogach poza trasami leżącymi w strefie przygranicznej lub podmiejskiej oraz drogami wyższych klas technicznych (A, S) lub ich bezpośrednich kontynuacji (profil *SO2*).

W przypadku zmienności sezonowej pojazdów ciężkich, z uwagi na zbliżone profile zmienności ruchu oraz trudności w podziale ze względu na przynależność funkcjonalno/geograficzną, zdecydowano się na zmniejszenie liczby skupień z 3 na 2 (połączenie skupienia 2 i 3 w jedno skupienie numer 2) – rys. 4.15. Drogi należące do skupienia numer 1, charakteryzują się zwiększonym ruchem w miesiącach VII – X (profil *SC2*). Zlokalizowane są głównie w północnej części Polski, na terenach silnie turystycznych (Pomorze – rejon trójmiasta) oraz w strefie przygranicznej. W pozostałej części kraju dominują drogi należące do skupienia numer 2, charakteryzujące się małymi wahaniami sezonowymi (profil *SC1*).



Rys. 4.14. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności sezonowej na obszarze Polski – ogół pojazdów



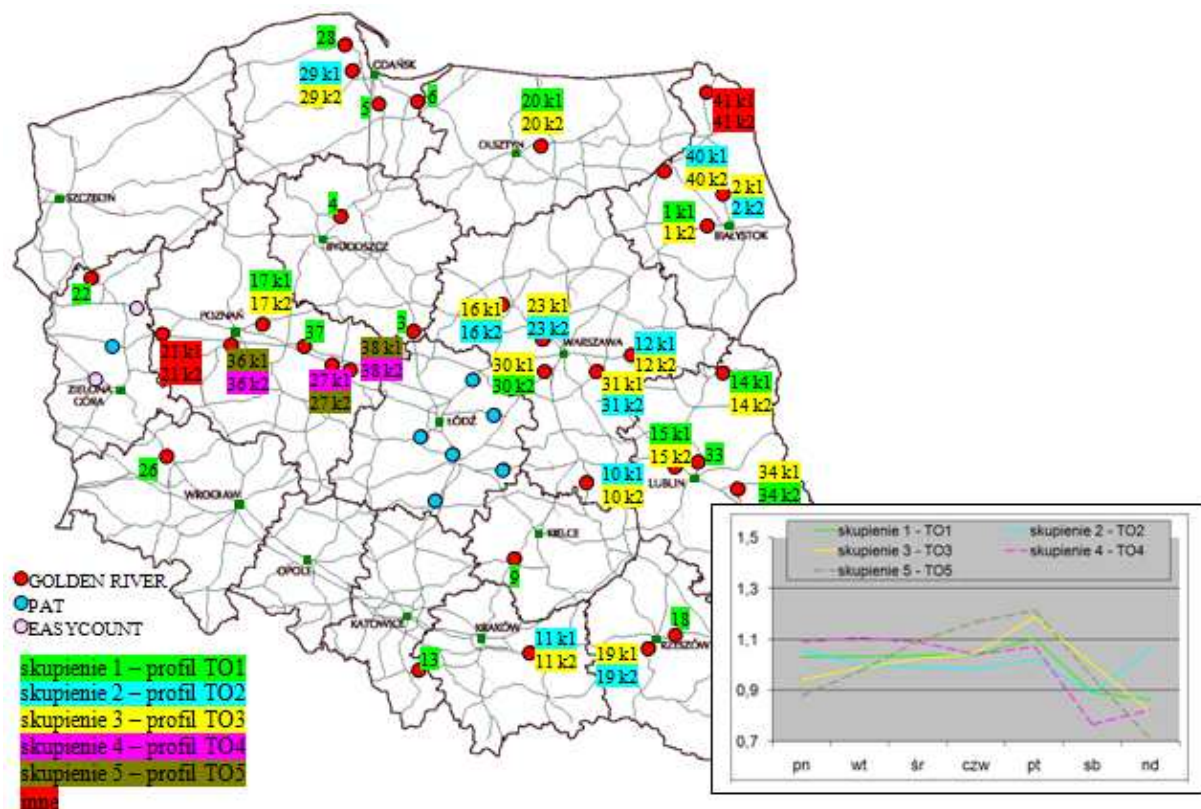
Rys. 4.15. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności sezonowej na obszarze Polski – pojazdy ciężkie

W przypadku **zmienności tygodniowej** dla ogółu pojazdów wydzielono 5 skupień (rys. 4.16). Skupienie numer 1, charakteryzuje się zbliżoną wielkością średniego dobowego

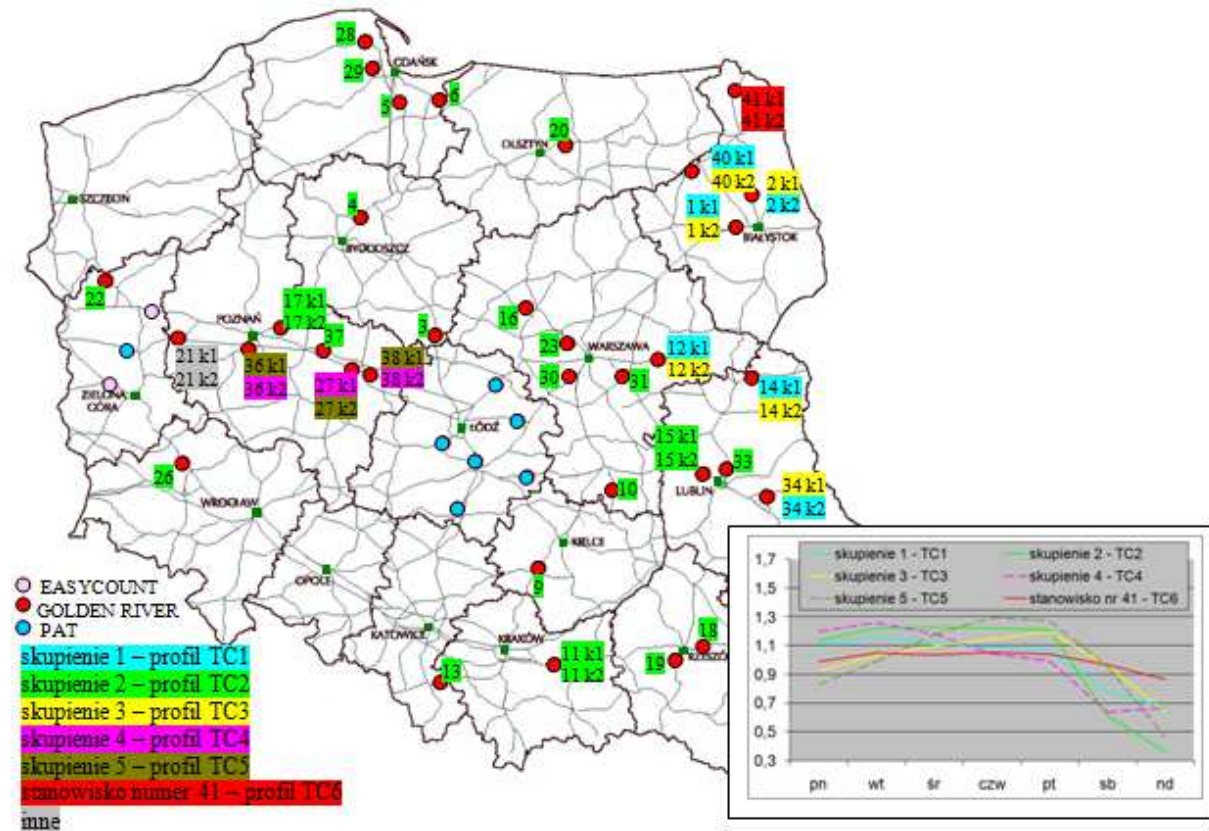
ruchu od poniedziałku do piątku oraz jego spadkiem w soboty i niedziele (profil *TO1*). Ponadto ruch na większości zawartych w nim odcinkach dróg, nie wykazuje różnych tygodniowych wahań w zależności od kierunków. Zlokalizowane są głównie na odcinkach dróg leżących albo bezpośrednio w strefach podmiejskich lub całkiem poza strefą wpływu aglomeracji miejskich. Nieliczne występujące w strefie wpływu aglomeracji miejskich zlokalizowane są na kierunku obiektów ruchotwórczych (miejsca pracy, nauki, zakupów). Skupienie numer 2, charakteryzuje się stałą wielkością średniego dobowego ruchu od wtorku do piątku, jego spadkiem w sobotę oraz wzrostem w niedzielę i poniedziałek (profil *TO2*). Charakteryzują się zbliżonym profilem zmienności tygodniowej jak drogi należące do skupienia numer 1 (poza poniedziałkiem i niedzielą). Występują głównie w strefie wpływu aglomeracji miejskiej na kierunku obiektów ruchotwórczych (jak wyżej). Skupienie numer 3, charakteryzuje się zbliżoną wartością średniego dobowego ruchu od poniedziałku do czwartku oraz w sobotę, największą w piątek oraz najmniejszą w niedzielę (profil *TO3*). Zlokalizowane są głównie w strefie wpływu aglomeracji miejskich na kierunku przeciwnym w stosunku do skupienia numer 1 i 2 (kierunek od obiektów ruchotwórczych). Skupienie 4, 5 oraz stacje numer 21 i 41, zawiera odcinki dróg o wskaźnikach zmienności tygodniowych znacznie odbiegające od wartości przeciętnych dla kraju. Charakteryzują się one bardzo dużym udziałem pojazdów ciężkich (średnia ponad 46%). Skupienie 4 i 5 zawiera odcinki dróg zlokalizowane w ciągu autostrady A2. Skupienie numer 4 charakteryzuje się zbliżonym poziomem ruchu od poniedziałku do piątku oraz spadkiem w sobotę i niedzielę (profil *TO4*). Skupienie numer 5 charakteryzuje się natomiast stałym wzrostem ruchu od poniedziałku do piątku oraz spadkiem od piątku do niedzieli (*TO5*). Pozostałe, tj. stacje numer 21 i 41, których profile zmienności tygodniowej nie dało się zakwalifikować do żadnego z powyższych skupień oraz które nie tworzą także razem typowego profilu, zlokalizowane są na odcinkach dróg prowadzących do przejść granicznych w Świecku oraz w Budzisku.

W przypadku zmienności tygodniowej dla pojazdów ciężkich wydzielono 6 skupień (rys. 4.17). Najliczniejszą grupę (blisko 70 %) stanowi skupienie numer 2, zawierające odcinki dróg charakteryzujące się zbliżoną wielkością średniego dobowego ruchu od poniedziałku do piątku oraz jego gwałtownym spadkiem w soboty i niedziele (profil *TC2*). Ponadto ruch na przyporządkowanych do skupienia 2 odcinkach dróg nie wykazuje zmienności tygodniowych wahań w zależności od kierunków (różnice na kierunkach w stacjach pierwotnie zakwalifikowanych jako różne tj. numer 11, 15 i 17 okazały się na tyle niewielkie, że zostały przydzielone do jednego skupienia). Zlokalizowane są na terenie całej Polski poza pasem wzdłuż wschodniej granicy kraju (skupienie 1 i 3) oraz ciągu autostrady A2 (skupienie 4 i 5). Skupienie 1 i 3 zawierają odcinki dróg na których ruch, wykazuje wyraźne zróżnicowanie zmienności tygodniowych wahań w zależności od kierunku - poza niedzielami (profil *TC1* i *TC3*). Może mieć to związek z przewożonym ładunkiem – większy udział początkowych dni tygodnia w przypadku samochodów z ładunkiem jadących w kierunku obszarów ruchotwórczych (zaopatrzenie sklepów, placów budowy itp.) oraz

końcowych w przypadku samochodów bez ładunku jadących w drogę powrotną. Tak też skupienie numer 1 charakteryzuje się łagodnym spadkiem ruchu od wtorku do piątku (w poniedziałek wielkość ruchu na poziomie środy) oraz gwałtownym spadkiem w soboty i niedziele. Natomiast skupienie numer 3 odwrotnie, charakteryzuje się wzrostem ruchu od poniedziałku do piątku oraz gwałtownym spadkiem w soboty i niedziele. Skupienie 4, 5 oraz stacje numer 21 i 41, zawiera odcinki dróg o wskaźnikach zmienności tygodniowych znacznie odbiegające od wartości przeciętnych dla kraju (jak w przypadku ogółu pojazdów). Profile zmienności tygodniowych wahań ruchu w skupieniu 4 i 5 (profil *TC4*, *TC5*) są analogiczne jak w skupieniu 1 i 3 tylko bardziej „ostre” (wyraźniejsze spadki i wzrosty ruchu). Pozostałe, tj. stacje numer 21 i 41, których profile zmienności tygodniowej nie dało się zakwalifikować do żadnego z powyższych skupień oraz które nie tworzą także razem typowego profilu, zlokalizowane są na odcinkach dróg prowadzących do przejść granicznych w Świecku oraz w Budzisku. Ze względu na to, że profil dla stacji numer 41, o największym udziale pojazdów ciężkich (ponad 50%), odpowiada jednemu z typowych profili zmienności tygodniowej w USA tzw. „through truck” zdecydowano na utworzenie dodatkowego profilu *TC6*. Charakteryzuje się on stałą wielkością średniego dobowego ruchu przez cały tydzień (niewielki spadek w niedziele).



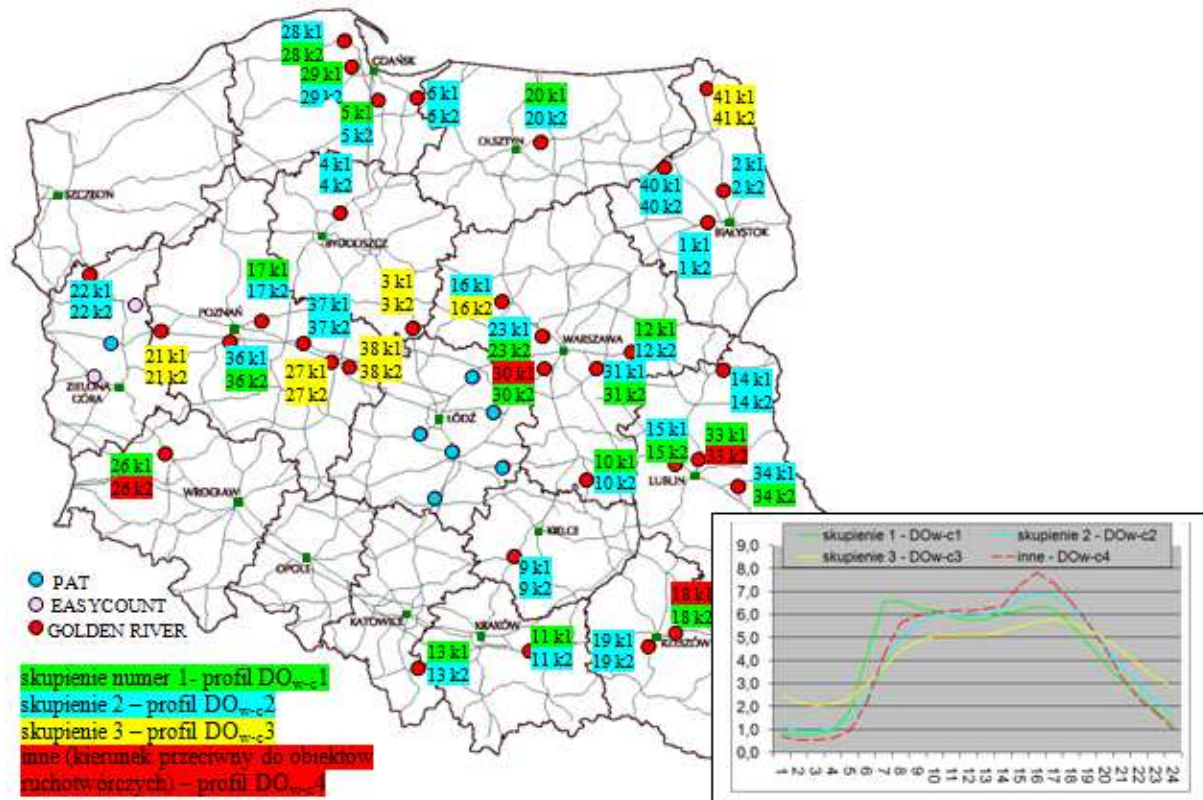
Rys. 4.16. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności tygodniowej na obszarze Polski – ogół pojazdów



Rys. 4.17. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności tygodniowej na obszarze Polski – pojazdy ciężkie

W przypadku **zmienności dobowej** ogółu pojazdów dla dni od wtorku do czwartku, wydzielono 4 skupienia (rys. 4.18). Przenoszony ruch na drogach należących do skupienia numer 1, charakteryzuje się występowaniem dwóch szczytów (większym porannym i mniejszym popołudniowym) oraz wyraźnym zróżnicowaniem zmienności dobowych wahań w zależności od kierunku (profil DO_{w-c1}). Zlokalizowane są na terenie całego kraju, głównie na odcinkach dróg leżących w strefie wpływu aglomeracji miejskich na kierunku obiektów ruchotwórczych (miejsca pracy, nauki, zakupów). Drogi należące do skupienia numer 2, stanowiące najliczniejszą grupę (51%), charakteryzują się przenoszonym ruchem o jednym wyraźnym szczycie popołudniowym (profil DO_{w-c2}). Zawarte w nim odcinki dróg leżą albo w strefie wpływu aglomeracji miejskiej na kierunku przeciwnym w stosunku do skupienia numer 1 (kierunek przeciwny do obiektów ruchotwórczych) albo całkiem poza nią i wówczas nie wykazują różnic ze względu na kierunki ruchu. Zlokalizowane są na terenie całego kraju przy czym na odcinkach dróg leżących poza strefą wpływu aglomeracji miejskich, poza drogami o bardzo dużym udziale pojazdów ciężkich (ponad 30%). W takim przypadku występuje skupienie numer 3 (profil DO_{w-c3}). Drogi należące do tego skupienia charakteryzują się zbliżonym profilem do skupienia numer 2, tylko o przebiegu mniej zróżnicowanym w ciągu doby (bardziej „płaski”). W większości przypadków nie wykazują różnic ze względu na kierunki ruchu. Pozostałe drogi których profile zmienności dobowej nie dało się zakwalifikować do żadnego z powyższych skupień (głównie drogi wielopasowe), charakteryzują się profilem zmienności dobowej na jednym kierunku zbliżonym do skupienia

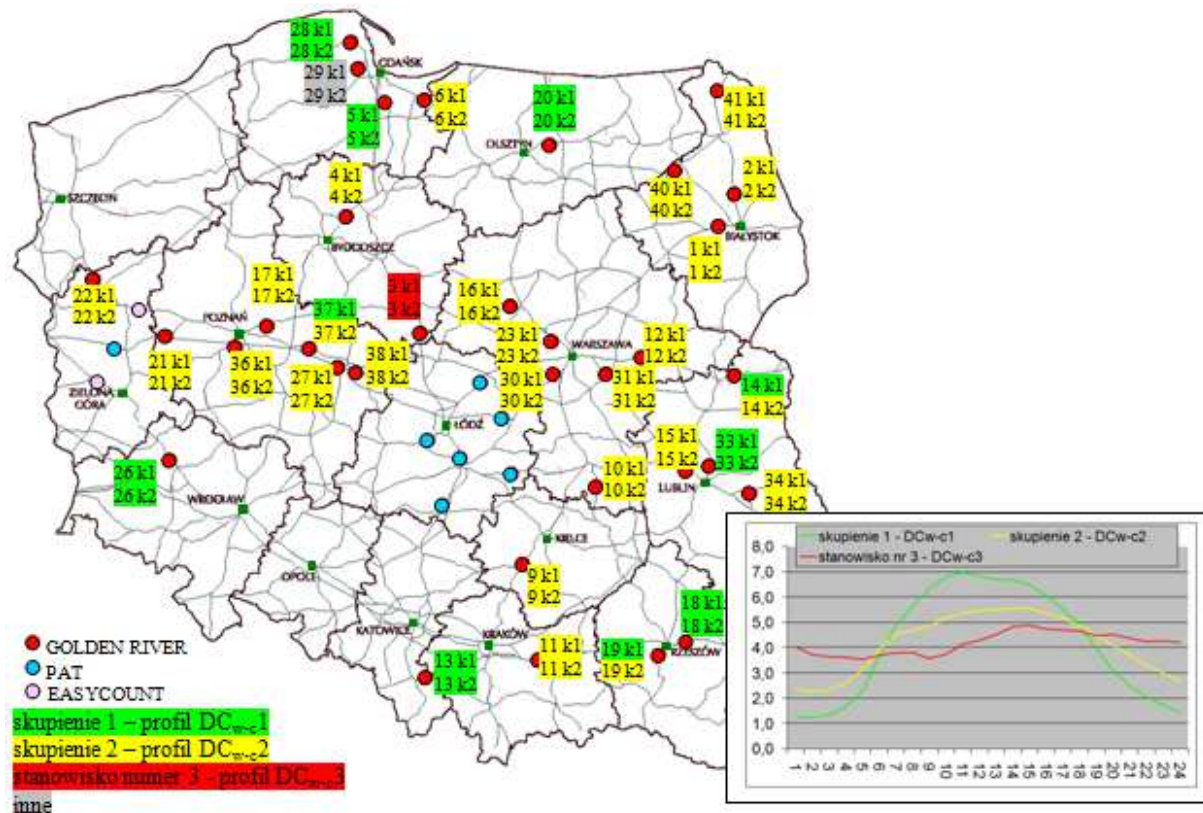
numer 1, natomiast na drugim o bardzo wyraźnym szczycie popołudniowym (profil odpowiadający średniej ze skupień 1 i 4 dla GPR 2010). Dlatego też zdecydowano na dołączenie do skupienia numer 1 kierunku do obiektów ruchotwórczych oraz utworzenie dodatkowego profilu DO_{w-c4} łącznie dla kierunku przeciwnego oraz skupień 1 i 4 z GPR 2010.



Rys. 4.18. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności dobowej na obszarze Polski –ogół pojazdów (wtorek – czwartek)

W przypadku zmienności dobowej pojazdów ciężkich dla dni od wtorku do czwartku, ze względu na zbliżone profile zmienności ruchu oraz trudności w podziale ze względu na przynależność funkcjonalno/geograficzną, zdecydowano na połączenie skupienia 1 i 2 w jedno skupienie numer 1 oraz skupienia 3 i 4 w skupienie numer 2 (rys. 4.19) oraz jako trzecie wyróżnić profil charakterystyczny dla stanowiska numer 3. Drogi należące do skupienia numer 2 (profil DC_{w-c2}), stanowiące najliczniejszą grupę (69,9%), przenoszą ruch charakteryzujący się brakiem szczytów oraz umiarkowanym spadkiem natężeń w godzinach wieczornych i nocnych (18:00-6:00). Zlokalizowane są na terenie całego kraju, poza strefami podmiejskimi gdzie dominuje skupienie numer 1. Drogi należące do skupienia numer 1 (profil DC_{w-c1}) charakteryzują się przenoszonym ruchem o nieznacznym szczycie przedpołudniowym oraz wyraźnym spadkiem natężeń w godzinach wieczornych i nocnych (18:00-6:00). Profil ten jest typowy dla pojazdów ciężkich pełniących funkcję pojazdów dostawczych na terenie danego miasta oraz bliskich miejscowości. Pozostałe, tj. stacje numer 3 i 29 ze względu na odbiegające profile zmienności dobowej od reszty dróg, nie dało się

zakwalifikować do żadnego z powyższych skupień (nie tworzą także razem typowego profilu). Jednakże ze względu na to, że profil dla stacji numer 3, odpowiada jednemu z typowych profili zmienności dobowej w USA zdecydowano na utworzenie dodatkowego profilu DC_{w-c3} . Charakteryzuje się on w miarę stałym poziomem przenieszonego ruchu przez całą dobę. Profil taki jest typowy dla pojazdów ciężkich, realizujących ruch tranzytowy tzw. trough trucks.

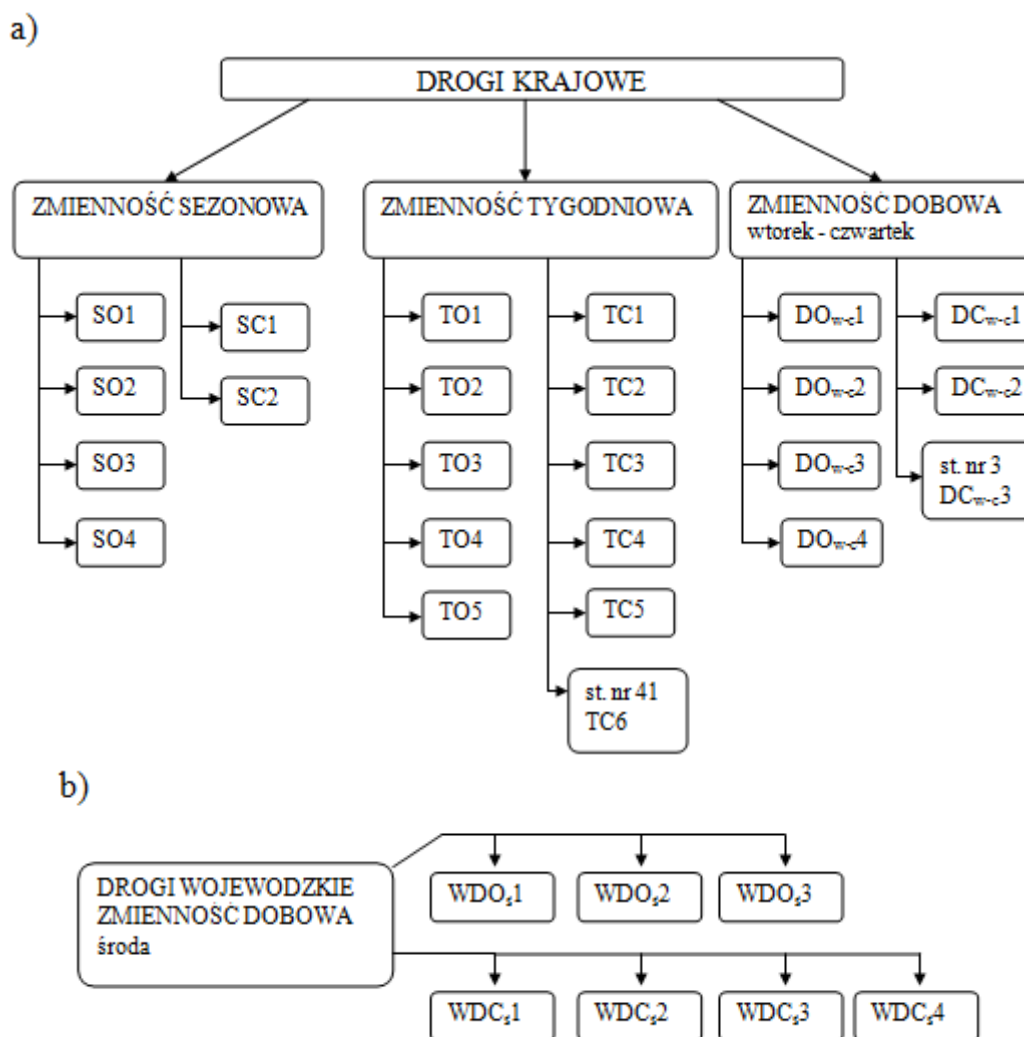


Rys. 4.19. Lokalizacja poszczególnych grup zmienności dobowej na obszarze Polski – pojazdy ciężkie (wtorek – czwartek)

4.5. Wyznaczenie reprezentatywnych, relatywnych profili zmienności natężeń

Ze względu na specyficzny charakter wielu polskich dróg a w szczególności na brak segregacji ruchu (nakładanie się ruchu lokalnego, dalekobieżnego i turystyczno/rekreacyjnego) oraz brak zróżnicowania zagospodarowania otoczenia (dominacja zabudowy mieszkalnej i gospodarczej oraz pól uprawnych, łąk i lasów w otoczeniu drogi), określenie jednoznacznych atrybutów klasyfikujących drogi do danej grupy zmienności ruchu, było bardzo utrudnione. Na bazie analiz przeprowadzonych w punktach 4.1 – 4.4 w dalszej części pracy przedstawiono jako wynikowe: w formie graficznej ostateczne, reprezentatywne profile zmienności natężeń ruchu – rys. 4.21, 4.23 i 4.25 (zgodnie ze wstępnym rys. 4.20 i tab. 4.21), w formie tabelarycznej statystyki opisowe – tab. 4.23, 4.25 i 4.27 (odchylenie standardowe σ , współczynnik zmienności ruchu ε , wartość średnią każdej z wyróżnionych grup) oraz wyróżnione cechy dróg i ich otoczenia

(charakterystyczne dla danego profilu) – tab. 4.22, 4.26 i 4.28 W przypadku zmienności dobowej wyniki przedstawiono szczegółowo dla dni od wtorku do czwartku (pozostałe dni tygodnia w formie tabelarycznej zamieszczono w załączniku) oraz w przypadku dróg wojewódzkich dla środy (rys. 4.21). Ze względu na bardzo słabe powiązania poziome, pomiędzy poszczególnymi profilami, analizy należy prowadzić niezależnie w każdej z trzech grup zmienności. Ponadto na rys. 4.24 i 4.26 przedstawiono profile zmienności ruchu odpowiednio tygodniowej i sezonowej dla dróg wojewódzkich oraz najbliższe odpowiadające im profile wyznaczone dla dróg krajowych. Ze względu na bardzo małą próbę wskazane jest rozszerzenie w przyszłości badań o inne drogi wojewódzkie. Wzorem niemieckich opracowań przyjęto oznaczenia literowe profili [69, 108].



Rys.4.20. Proponowany schemat podziału sieci dróg na poszczególne grupy zmienności natężeń ruchu dla: a) drogi krajowe, b) drogi wojewódzkie

Tab. 4.21. Opis proponowanych, poszczególnych profili zmienności natężeń ruchu (drogi krajowe)

	symbol profilu	opis zmienności	zróżnicowanie w obu kierunkach
ogół pojazdów	SO1	bardzo małe sezonowe wahania ruchu	nie
	SO2	małe sezonowe wahania ruchu	nie
	SO3	wyraźne sezonowe wahania ruchu	nie
	SO4	duże sezonowe wahania ruchu	nie
	TO1	zbliżona wielkość SDR_d od poniedziałku do piątku oraz jego spadek w soboty i niedziele	nie, tak
	TO2	zbliżona wielkość SDR_d od wtorku do piątku, jego spadek w soboty oraz wzrost w niedziele i poniedziałek	tak
	TO3	zbliżona wielkość SDR_d od poniedziałku do czwartku oraz sobotą, największą w piątek oraz najmniejszą w niedzielę	tak
	TO4	zbliżony poziom ruchu od poniedziałku do piątku oraz spadek w sobotę i niedzielę - A2	tak
	TO5	stały wzrost ruchu od poniedziałku do piątku oraz spadek od piątku do niedzieli - A2	tak
	DO _{w-c} 1	występowanie dwóch szczytów ruchu (większy poranny i mniejszy popołudniowy)	tak
	DO _{w-c} 2	jeden szczyt ruchu (popołudniowy)	nie, tak
	DO _{w-c} 3	jeden szczyt ruchu (popołudniowy)	nie
	DO _{w-c} 4	jeden wyraźny popołudniowy szczyt ruchu (większy w stosunku do DO _{w-c} 2)	tak
	pojazdy ciężkie	SC1	małe sezonowe wahania ruchu
SC2		zwiększony ruch w miesiącach VII - X	nie
TC1		łagodny spadek ruchu od wtorku do piątku oraz gwałtownym spadkiem w soboty i niedziele	tak
TC2		zbliżona wielkość SDR_d od poniedziałku do piątku oraz jego gwałtowny spadek w soboty i niedziele	nie
TC3		wzrost ruchu od poniedziałku do piątku oraz gwałtownym spadkiem w soboty i niedziele	tak
TC4		łagodny spadek ruchu od wtorku do piątku oraz gwałtownym spadkiem w soboty i niedziele - A2	tak
TC5		wzrost ruchu od poniedziałku do piątku oraz gwałtownym spadkiem w soboty i niedziele - A2	tak
TC6		stała wielkość SDR_d przez cały tydzień (niewielki spadek w niedziele)	nie
DC _{w-c} 1		nieznaczny przedpołudniowy szczyt ruchu oraz wyraźny spadek natężeń w godzinach wieczornych i nocnych (18:00 - 6:00)	nie
DC _{w-c} 2		brak szczytów ruchu oraz umiarkowany spadek natężeń w godzinach wieczornych i nocnych (18:00 - 6:00)	nie
DC _{w-c} 3		w miarę stały poziom przenieszonego ruchu przez całą dobę	nie

Ponadto przeprowadzono analizy uzupełniające w celu sprawdzenia: możliwości przyjęcia tego samego profilu dobowej zmienności dla dni wtorek – czwartek oraz założenia stabilności profili zmienności sezonowej, tygodniowej (w odniesieniu do skupień określonych zgodnie z punktem 4.4.1) i dobowej (w odniesieniu do reprezentantów każdego ze skupień) w kolejnych latach. Do tego celu wykorzystano analizę wariancji ANOVA, w której analogicznie jak w punkcie 4.3.1 testowano hipotezę zerową, że średnie w grupach są jednakowe wobec hipotezy alternatywnej, że co najmniej dwie średnie różnią się między sobą. Analizy prowadzono osobno dla każdego ze skupień dla ogółu pojazdów (poza dniami ustawowo wolnymi od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanymi tab. 4.7) z pominięciem stacji odstających tzn. takich dla których wartość odchylenia standardowego z odchyżeń standardowych dla kolejnych dni lub miesięcy jest ponad dwa razy większa od wartości średniej. Daną grupę stanowią odpowiednio:

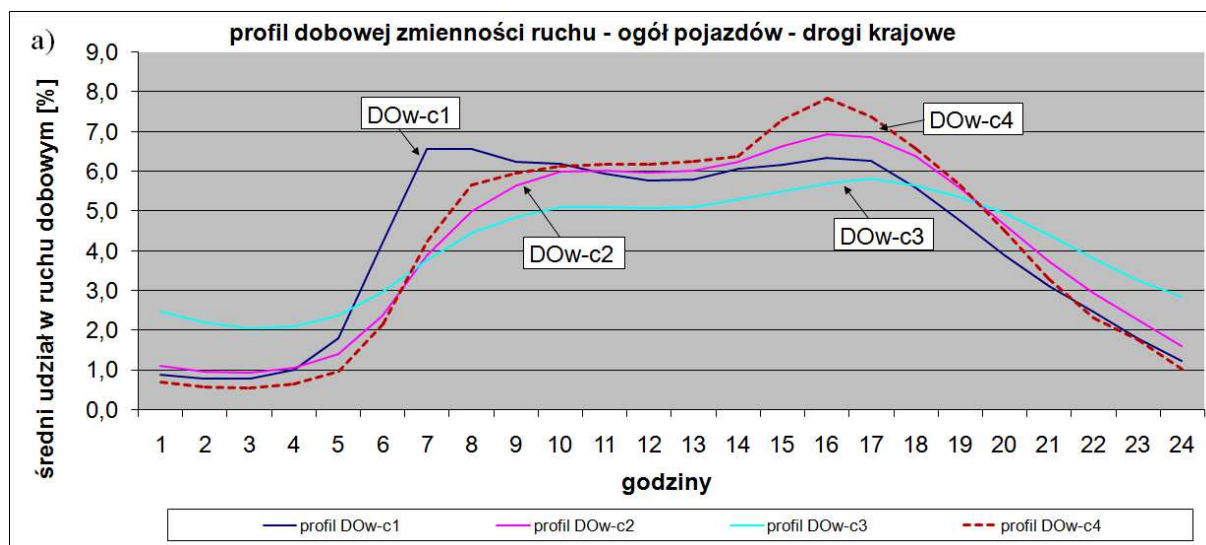
- zmienność dobową: natężenie dobowe kolejnego dnia tygodnia dla miesięcy V- X (dla całego roku brak spełnienia podstawowych założeń o rozkładzie normalnym i jednorodności wariancji) w roku 2010 (osobno dla każdej ze stacji); średni udział danej godziny w dobie dla wtorku, środy i czwartku w kolejnych latach dla reprezentanta każdego ze skupień (st10k1, 10k2, 16k2),

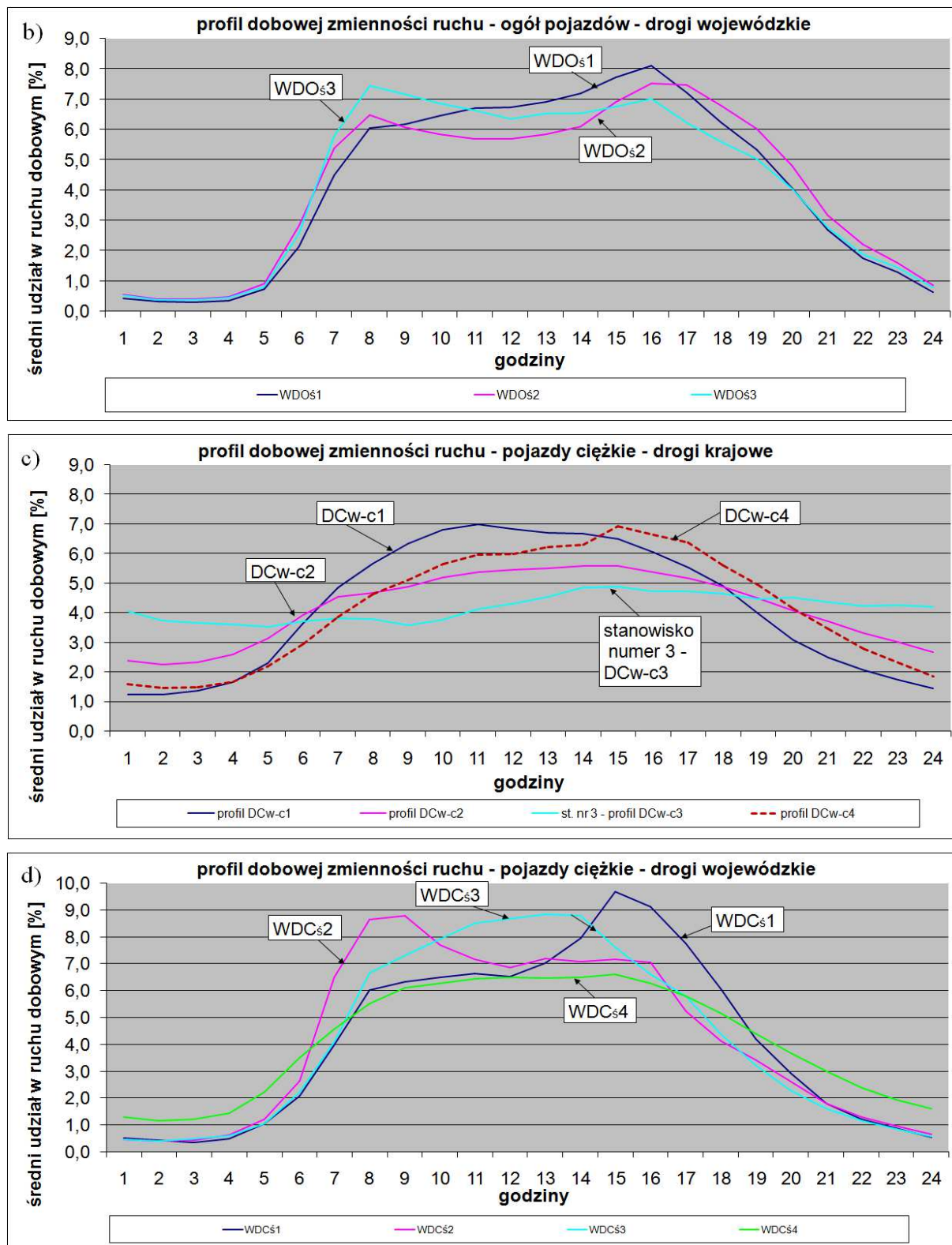
- zmienność tygodniowa: średnie wskaźniki zmienności tygodniowej w danym roku,
- zmienność sezonowa: średnie wskaźniki zmienności sezonowej w danym roku.

Z przeprowadzonych analiz wynika że w przypadku zmienności sezonowej i tygodniowej statystycznie istotne różnice występują w sposób losowy i odnoszą się jedynie do pojedynczych lat. W przypadku zmienności tygodniowej uzyskano statystycznie istotne różnice jedynie dla skupienia 1 i 2 dla dni środa i czwartek, natomiast w przypadku zmienności sezonowej dla skupienia 1, 2, 4 głównie dla miesięcy I-III i X-XII. W przypadku zmienności dobowej: dla roku 2010 wykazano brak statystycznej istotności różnic dla dni poniedziałek – czwartek (w 17 przypadkach), wtorek – czwartek (w 4 przypadkach), poniedziałek – środa (w 2 przypadkach) oraz środa – czwartek (1 przypadek). W przypadku zmienności średniego udziału danej godziny w dobie odnotowano pojedyncze statystycznie istotne różnice występujące w sposób losowy w godzinach 7:00 – 16:00. W pozostałych godzinach w dobie uzyskano statystycznie istotne różnice dla większości lat. Analizy te potwierdzają że w przypadku zmienności dobowej można przyjmować jeden profil dla dni wtorek – czwartek oraz że profile zmienności sezonowej, tygodniowej i dobowej (w godzinach 7:00 – 16:00) nie zmieniają się w kolejnych latach.

4.5.1. Profile rozkładu dobowego

Ze względu na zidentyfikowany w punkcie 4.4.1 profil zmienności dobowej dla danych pochodzących z *GPR* (pojazdy ciężkie - skupienie numer 3) odbiegający od profili uzyskanych dla stacji *Golden River*, zdecydowano się na dodanie kolejnego profilu DC_{w-c4} . Charakteryzuje się on nieznacznym szczytem popołudniowym oraz spadkiem natężeń w godzinach wieczornych i nocnych (18:00 – 6:00) - rys. 4.21.c. Ostatecznie przyjęte profile zmienności dobowej przedstawiono w formie graficznej na rys. 4.21 oraz opisowej w tab. 4.22 i 4.23.





Rys. 4.21. Profile dobowej zmienności ruchu odpowiednio dla: a) ogółu pojazdów – DK, b) ogółu pojazdów - DW, c) pojazdów ciężkich – DK, d) pojazdów ciężkich – DW

Tab. 4.22. Charakterystyczne cechy dróg i ich otoczenia odpowiednio do każdego z profili zmienności dobowej (charakterystyka podana wyłącznie w odniesieniu do stacji Golden River)

symbol profilu	Charakter przenieszonego ruchu	Oddziaływanie obiektów ruchotwórczych	Powiązanie przestrzenne	autostrady
DO _{w-c} 1	1	1	1, 2	nie
DO _{w-c} 2	1	2	2	nie
	2	4	3	
DO _{w-c} 3	2, 3	4	3	tak
DO _{w-c} 4	1	2	4	nie
DC _{w-c} 1	2	3	1	nie
DC _{w-c} 2	2	4	2, 3	tak
DC _{w-c} 3	2	4	3	nie
DC _{w-c} 4	-	-	-	-

Legenda: **Charakter przenieszonego ruchu:** 1. różne profile dla obu kierunków ruchu, 2. takie same profile dla obu kierunków ruchu, 3. udział pojazdów ciężkich powyżej 30%; **Oddziaływanie obiektów/obszarów ruchotwórczych (miejsce pracy, nauki, handlu, placów budowy itp.):** 1. na kierunku, 2. w kierunku przeciwnym, 3. trudne do określenia, 4. bez znaczenia; **Powiązanie przestrzenne:** 1. strefa podmiejska, 2. strefa oddziaływania aglomeracji miejskich, 3. poza oddziaływaniem aglomeracji miejskich, 4. bez znaczenia.

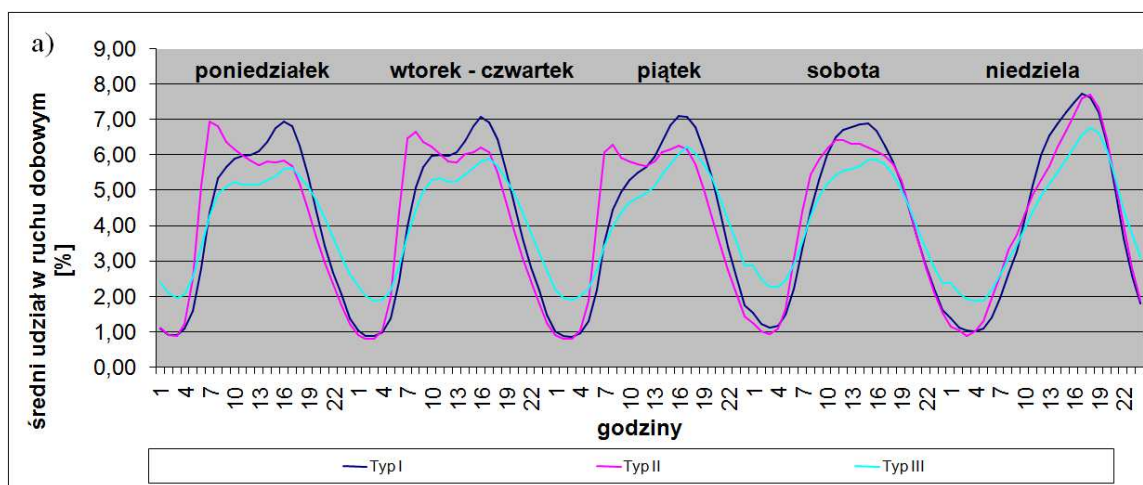
Tab. 4.23. Statystyki opisowe poszczególnych profili – zmienność dobową dla: a) DK, b) DW

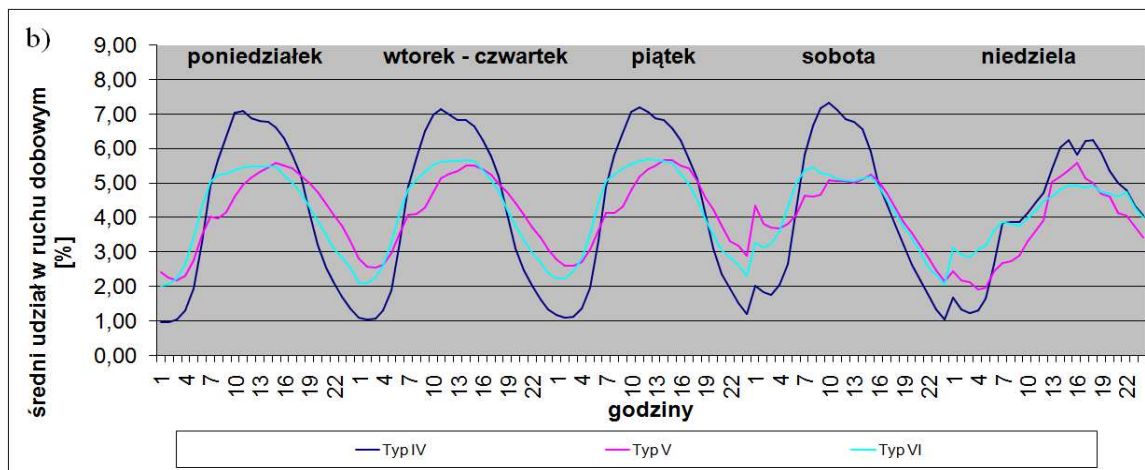
a)	zmienność dobową - ogół pojazdów												zmienność dobową - pojazdy ciężkie											
	wtorek - czwartek												wtorek - czwartek											
	sk. 1 - DO _{w-c} 1			sk. 2 - DO _{w-c} 2			sk. 3 - DO _{w-c} 3			DO _{w-c} 4			sk. 1 - DC _{w-c} 1		sk. 2 - DC _{w-c} 2		sk. 3 - DC _{w-c} 3		DC _{w-c} 4					
h	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]			
1	0,878	0,34	38,42	1,100	0,33	30,27	2,461	0,35	14,20	0,686	0,33	48,23	1,240	0,37	29,77	2,371	0,57	24,09	4,040	0,08	1,88	1,578	0,71	45,05
2	0,763	0,32	42,33	0,943	0,35	37,62	2,182	0,33	14,89	0,552	0,30	54,92	1,239	0,41	33,23	2,242	0,49	22,07	3,723	0,34	9,17	1,449	0,68	46,95
3	0,780	0,34	43,59	0,925	0,37	40,51	2,041	0,39	18,87	0,545	0,30	55,08	1,355	0,48	35,47	2,320	0,51	21,85	3,646	0,89	24,37	1,484	0,73	49,52
4	0,993	0,41	41,48	1,036	0,40	38,44	2,086	0,39	18,55	0,629	0,32	51,15	1,643	0,61	36,99	2,576	0,49	19,17	3,609	1,08	30,02	1,660	0,77	46,51
5	1,780	0,62	34,58	1,389	0,46	33,19	2,360	0,37	15,55	0,970	0,41	42,49	2,293	0,85	36,94	3,141	0,59	18,68	3,533	0,94	26,65	2,182	0,90	41,20
6	4,192	1,21	28,78	2,356	0,57	24,14	2,970	0,35	11,65	2,160	0,74	34,34	3,628	0,93	25,74	3,916	0,79	20,25	3,694	0,75	20,39	2,937	1,04	35,30
7	6,552	1,46	22,35	3,866	0,66	16,97	3,760	0,35	9,18	4,234	0,92	21,73	4,864	1,00	20,49	4,547	0,66	14,61	3,813	0,59	15,56	3,841	1,13	29,44
8	6,571	0,80	12,10	5,003	0,67	13,39	4,455	0,33	7,38	5,644	1,04	18,42	5,668	0,62	10,91	4,672	0,58	12,49	3,794	0,45	11,76	4,631	1,21	26,14
9	6,247	0,40	6,46	5,652	0,54	9,63	4,842	0,35	7,13	5,952	0,96	16,20	6,331	0,65	10,31	4,880	0,56	11,45	3,572	0,35	9,86	5,093	1,24	24,43
10	6,174	0,41	6,62	5,999	0,52	8,66	5,087	0,39	7,68	6,112	0,92	15,00	6,807	0,69	10,10	5,182	0,56	10,76	3,748	0,10	2,59	5,655	1,41	24,90
11	5,941	0,45	7,56	6,013	0,45	7,47	5,103	0,31	6,14	6,163	0,90	14,68	6,989	0,71	10,10	5,387	0,56	10,33	4,128	0,07	1,63	5,960	1,31	22,06
12	5,762	0,48	8,28	5,952	0,38	6,32	5,061	0,25	4,94	6,181	0,90	14,52	6,843	0,56	8,13	5,463	0,47	8,68	4,296	0,14	3,26	5,998	1,34	22,39
13	5,787	0,57	9,79	6,007	0,38	6,30	5,101	0,24	4,66	6,255	0,87	13,94	6,690	0,48	7,18	5,515	0,47	8,45	4,529	0,14	3,12	6,222	1,39	22,31
14	6,050	0,65	10,80	6,238	0,46	7,44	5,302	0,24	4,44	6,363	0,94	14,70	6,672	0,60	9,01	5,573	0,48	8,68	4,850	0,14	2,80	6,310	1,52	24,10
15	6,161	0,70	11,44	6,642	0,48	7,28	5,489	0,23	4,25	7,282	0,99	13,66	6,504	0,54	8,36	5,571	0,49	8,83	4,881	0,29	5,91	6,916	1,73	24,98
16	6,331	0,75	11,78	6,941	0,61	8,75	5,683	0,19	3,40	7,835	1,05	13,43	6,054	0,56	9,20	5,385	0,49	9,11	4,724	0,18	3,91	6,631	1,62	24,46
17	6,249	0,69	10,97	6,848	0,77	11,18	5,805	0,20	3,43	7,362	0,99	13,44	5,542	0,58	10,54	5,161	0,49	9,54	4,711	0,21	4,38	6,584	1,68	26,35
18	5,580	0,40	7,16	6,378	0,82	12,83	5,639	0,20	3,53	6,573	1,00	15,18	4,895	0,65	13,20	4,871	0,52	10,60	4,645	0,25	7,49	5,586	1,38	24,64
19	4,752	0,34	7,15	5,556	0,72	12,98	5,342	0,30	5,69	5,644	0,97	17,28	3,961	0,63	16,01	4,476	0,47	10,60	4,471	0,44	9,89	4,938	1,39	28,24
20	3,865	0,46	11,84	4,646	0,62	13,45	4,952	0,36	7,23	4,510	0,85	18,90	3,067	0,51	16,67	4,080	0,50	12,18	4,523	0,50	10,95	4,131	1,25	30,36
21	3,115	0,49	15,84	3,730	0,57	15,32	4,386	0,35	8,02	3,285	0,72	21,90	2,469	0,40	16,04	3,695	0,50	13,48	4,365	0,62	14,23	3,467	1,20	34,59
22	2,466	0,49	19,87	2,922	0,48	16,45	3,802	0,30	7,99	2,306	0,62	26,84	2,067	0,38	18,22	3,317	0,53	15,94	4,236	0,82	19,27	2,790	1,06	38,00
23	1,791	0,37	20,67	2,270	0,43	18,99	3,262	0,33	10,24	1,754	0,54	30,67	1,729	0,39	22,75	2,994	0,51	17,04	4,264	1,15	26,88	2,308	0,97	42,12
24	1,220	0,35	28,79	1,590	0,41	25,70	2,828	0,39	13,87	1,005	0,40	40,27	1,430	0,34	24,06	2,664	0,56	20,97	4,205	0,80	19,08	1,848	0,81	44,07

b)	zmienność dobową - ogół pojazdów												zmienność dobową - pojazdy ciężkie								
	środa												środa								
	sk. 1 - WDO _z 1			sk. 2 - WDO _z 2			sk. 3 - WDO _z 3			sk. 1 - WDC _z 1			sk. 2 - WDC _z 2		sk. 3 - WDC _z 3		sk. 4 - WDC _z 4				
h	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]
1	0,416	0,29	68,97	0,554	0,43	76,85	0,522	0,34	64,58	0,527	0,64	121,71	0,470	0,53	111,91	0,465	0,50	106,93	1,309	0,89	68,17
2	0,319	0,25	77,12	0,408	0,34	84,28	0,387	0,27	69,92	0,421	0,63	148,92	0,405	0,50	122,58	0,401	0,41	103,13	1,148	0,81	70,41
3	0,304	0,22	71,59	0,399	0,33	83,30	0,378	0,25	67,01	0,347	0,48	137,68	0,436	0,52	119,46	0,483	0,57	117,13	1,220	0,87	71,34
4	0,362	0,23	64,62	0,475	0,36	75,03	0,448	0,31	68,17	0,493	0,57	115,15	0,629	0,71	112,36	0,586	0,62	105,88	1,440	0,94	65,55
5	0,720	0,42	58,87	0,919	0,53	57,78	0,803	0,43	53,11	1,046	1,04	99,71	1,217	1,19	97,48	1,053	0,80	76,17	2,225	1,20	53,78
6	2,139	0,89	41,62	2,823	1,01	35,73	2,565	1,15	44,93	2,071	1,31	63,28	2,646	1,65	62,21	2,225	1,23	55,13	3,515	1,65	46,99
7	4,494	1,01	22,46	5,386	1,16	21,50	5,792	1,45	25,07	3,978	1,75	43,98	6,495	2,61	40,18	4,078	1,41	34,59	4,574	1,42	31,11
8	6,036	1,04	17,16	6,480	1,04	16,04	7,436	1,22	16,41	6,027	2,17	35,97	8,645	2,75	31,77	6,666	1,78	26,72	5,523	1,46	26,38
9	6,177	0,89	14,46	6,082	0,86	14,19	7,169	1,11	15,55	6,318	2,00	31,70	8,791	2,67	30,37	7,289	1,99	27,32	6,100	1,46	23,99
10	6,445	0,91	14,10	5,848	0,80	13,64	6,863	1,03	15,05	6,478	2,35	36,25	7,686	2,53	32,88	7,914	2,37	29,90	6,274	1,55	24,63
11	6,706	0,97	14,41	5,699	0,70	12,20	6,642	0,91	13,72	6,636	2,10	31,58	7,157	1,98	27,67	8,503	2,81	32,99	6,425	1,48	23,07
12	6,739	0,90	13,28	5,680	0,75	13,18	6,362	0,92	14,51	6,531	2,12	32,52	6,867	1,91	27,86	8,667	1,98	22,87	6,498	1,56	24,04
13	6,921	0,94	13,57	5,836	0,73	12,50	6,540	0,90	13,79	7,029	2,18	31,01	7,177	2,02	28,19	8,826	2,30	26,00	6,470	1,46	22,58
14	7,193	0,97	13,46	6,094	0,83	13,67	6,538	0,94	14,39	7,946	2,54	31,98	7,070	2,11	29,87	8,771	2,33	26,53	6,483	1,54	23,78
15	7,718	1,02	13,25	6,904	0,89	12,92	6,767	0,92	13,57	9,664	3,19	33,01	7,159	1,98	27,59	7,597	1,95	25,72	6,591	1,54	23,37
16	8,115	1,12	13,77	7,532	1,01	13,39	7,009	1,12	16,02	9,120	2,75	30,17	7,059	2,10	29,81	6,604	1,63	24,74	6,270	1,46	23,36
17	7,224	0,93	12,85	7,476	1,07	14,34	6,234	0,91	14,60	7,759	2,90	37,39	5,246	1,76	33,58	5,797	1,81	31,22	5,806	1,50	25,75
18	6,227	0,92	14,77	6,779	0,89	13,16	5,592	0,95	16,99	6,033	2,35	38,92	4,125	1,74	42,22	4,362	1,57	36,06	5,149	1,50	29,05
19	5,322	0,89	16,78	6,026	0,94	15,63	5,028	0,95	18,87	4,215	1,96	46,42	3,416	1,36	39,86	3,227	1,37	42,51	4,387	1,45	33,02
20	4,064	0,79	19,31	4,793	0,80	16,75	4,040	0,81	20,11	2,921	1,43	49,09	2,604	1,31	50,34	2,281	1,10	48,29	3,674	1,56	42,55
21	2,681	0,55	20,59	3,162	0,66	20,73	2,779	0,62	22,18	1,792	1,02	56,98	1,802	1,10	61,03	1,615	0,91	56,26	2,986	1,40	46,77
22	1,748	0,48	27,22	2,201	0,63	28,															

Ponadto, przeprowadzono analizy uzupełniające, na udziałach natężeń poszczególnych godzin w natężeniu dobowym z poszczególnych dni tygodnia łącznie (sekwencja dni następujących po sobie) przy czym dla okresu od wtorku do czwartku użyto uśrednionych wartości. Pozwoliło to na scharakteryzowanie zasadniczych grup zmienności dobowej w odniesieniu do tygodnia i określenie zależności pomiędzy profilami poszczególnych dni tygodnia. Zarówno dla ogółu pojazdów jak i pojazdów ciężkich wydzielono po trzy zasadnicze grupy zmienności (rys. 4.22) przy czym odcinki dróg należące do poszczególnych grup, pokrywają się ze skupieniami uzyskanymi dla dni wtorek – czwartek (ogół pojazdów: *Typ I* - sk.2, *Typ II* - sk.1, *Typ III* - sk.3; pojazdy ciężkie: *Typ IV* – sk.1, *Typ V* i *VI* – sk.2). Z przeprowadzonych analiz wynika, że w przypadku zmienności dobowej dla pozostałych dni tygodnia (poza okresem wtorek – czwartek) w praktyce można stosować w przybliżeniu wskaźniki dobowej zmienności ruchu w następujący sposób:

- w przypadku pojazdów ciężkich: dla poniedziałku i piątku takie same jak dla wtorku – czwartku (odpowiednio DC_{w-c1} , DC_{w-c2} , DC_{w-c3}),
- w przypadku ogółu pojazdów: dla poniedziałku dla dróg *Typu I* i *III* odpowiednio profil DO_{w-c2} i DO_{w-c3} , dla piątku dla dróg *Typu I* i *II* odpowiednio profil DO_{w-c2} i DO_{w-c1} ,
- w pozostałych przypadkach zgodnie z tab. 4.24.





Rys. 4.22. Profil dobowej zmienności ruchu w okresie tygodnia odpowiednio dla: a) ogółu pojazdów, b) pojazdów ciężkich

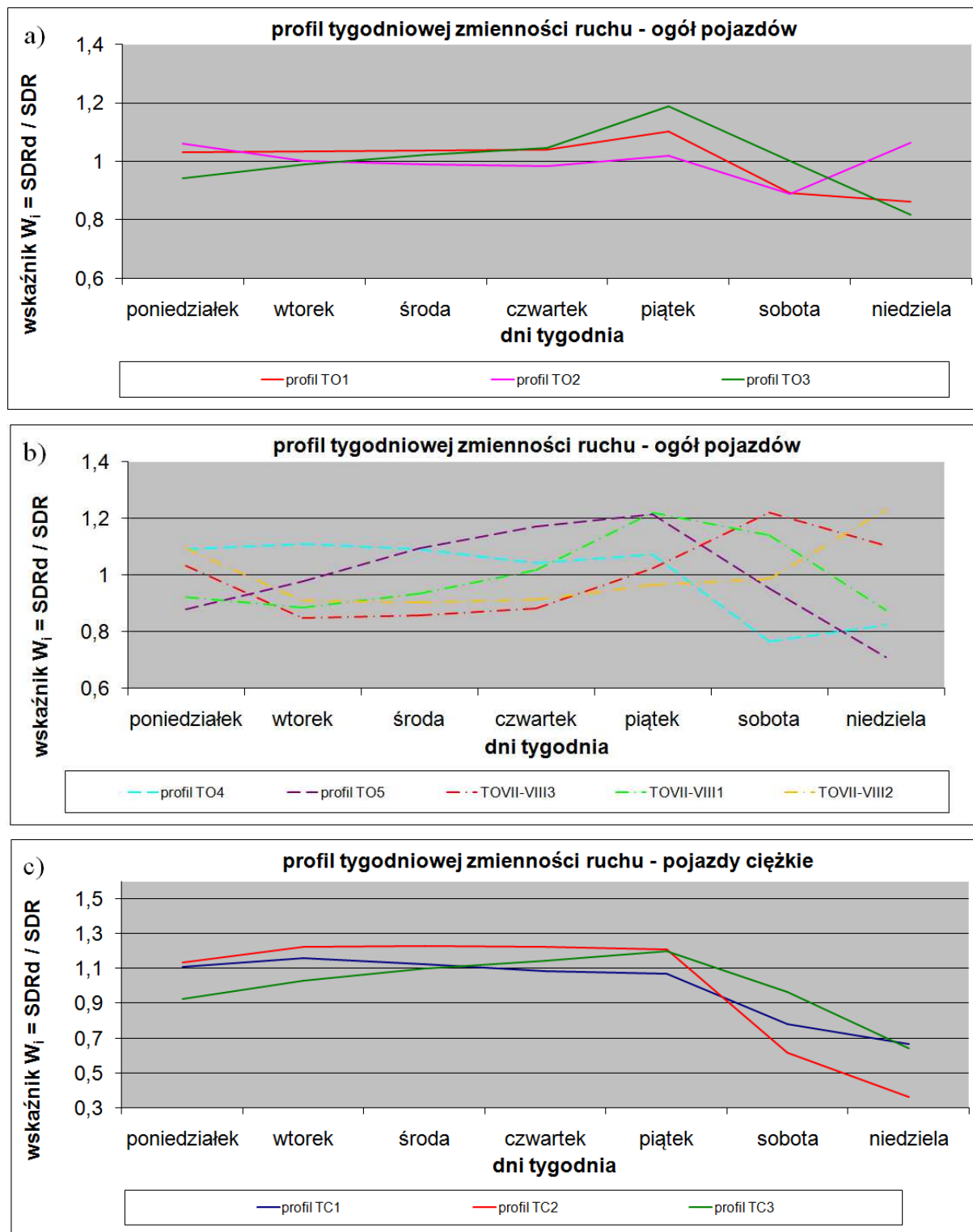
Tab. 4.24. Profil zmienności dobowej (poniedziałek i piątek dla ogółu pojazdów, sobota i niedziela dla ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich) - drogi krajowe [%]

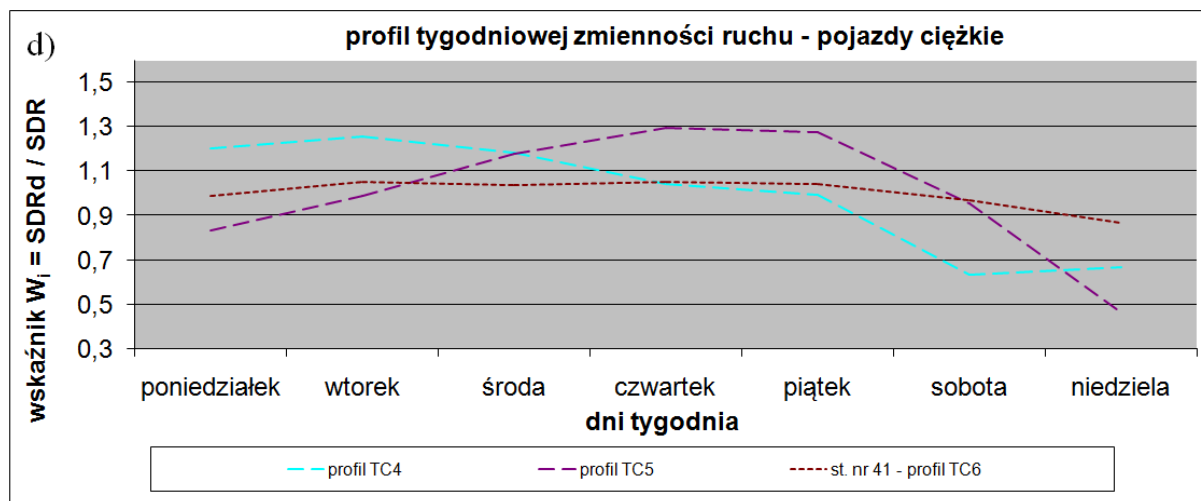
godzi na	ogół pojazdów						pojazdy ciężkie					
	poniedzia łek DO _{pn}	piątek DO _{pt}	sobota		niedziela		sobota			niedziela		
			DO _{sb1}	DO _{sb2}	DO _{nd1}	DO _{nd2}	DC _{sb1}	DC _{sb2}	DC _{sb3}	DC _{nd1}	DC _{nd2}	DC _{nd3}
1	1,2	1,7	2,2	1,4	1,3	2,2	4,0	3,3	2,1	1,4	2,2	3,9
2	0,9	1,5	1,9	1,1	1,1	2,0	3,7	3,1	1,9	1,1	1,9	3,8
3	0,9	1,4	1,8	0,9	1,0	1,9	3,8	3,1	1,8	1,1	1,9	3,6
4	1,2	1,5	1,9	1,0	1,0	2,0	4,1	3,2	2,1	1,2	2,0	3,5
5	2,6	1,7	2,3	1,3	1,1	2,2	4,5	3,6	2,7	1,6	2,2	3,5
6	5,4	2,3	3,1	2,2	1,4	2,7	5,1	4,2	4,2	2,5	2,8	3,8
7	7,1	3,2	4,0	3,3	2,0	3,2	5,5	4,5	5,8	4,0	3,1	3,9
8	6,9	3,9	4,9	4,5	2,7	3,7	5,6	4,6	6,6	4,1	3,1	4,0
9	6,5	4,3	5,3	5,4	3,2	4,1	5,4	4,6	7,0	4,2	3,1	4,1
10	6,3	4,7	5,5	6,2	4,0	4,6	5,6	4,6	7,4	4,4	3,4	4,2
11	6,1	4,8	5,6	6,7	4,8	5,2	5,4	4,7	7,0	4,7	3,7	4,5
12	5,8	5,0	5,7	6,9	5,6	5,6	5,2	4,8	6,8	5,0	4,1	4,6
13	5,7	5,2	5,7	6,9	6,1	6,0	5,2	4,9	6,7	5,9	4,4	4,6
14	5,7	5,6	5,9	6,9	6,5	6,3	5,2	5,0	6,6	6,5	5,0	4,7
15	5,6	6,0	6,0	6,8	6,9	6,5	5,0	5,3	6,1	6,7	5,2	4,7
16	5,6	6,3	6,0	6,6	7,3	6,6	4,5	5,3	5,1	6,1	5,3	4,7
17	5,5	6,6	5,9	6,2	7,7	6,6	4,1	5,1	4,5	6,4	5,5	4,6
18	5,1	6,5	5,6	5,8	7,7	6,3	3,7	4,8	3,7	6,3	5,7	4,5
19	4,4	6,3	5,0	5,2	7,5	5,8	3,3	4,5	3,1	5,7	5,7	4,3
20	3,6	5,9	4,4	4,5	6,7	4,8	3,0	4,1	2,5	5,2	5,8	4,2
21	2,9	5,2	3,7	3,7	5,4	3,9	2,5	3,7	2,1	4,8	5,8	4,1
22	2,3	4,4	3,0	2,9	4,1	3,1	2,2	3,3	1,8	4,3	5,9	4,1
23	1,7	3,5	2,5	2,2	3,0	2,5	1,9	3,0	1,3	3,7	6,1	4,1
24	1,2	2,6	2,0	1,5	2,1	2,1	1,6	2,6	1,1	3,3	6,1	4,1

4.5.2. Profil rozkładu tygodniowego

Ze względu na zidentyfikowane w punkcie 4.3.1 odbiegające profile zmienności tygodniowej dla miesięcy VII i VIII (dla profili zmienności sezonowej $SO3$ i $SO4$) od profili wyznaczonych dla całego roku zdecydowano się na dodanie trzech kolejnych profili tj. o największym natężeniu ruchu w piątek - $TO_{VII-VIII1}$ (stacje GR: 2k1, 6k1, 16k1, 23k1, 40k2 - kierunek do obszarów turystycznych), o największym natężeniu ruchu w niedziele - $TO_{VII-VIII2}$ (stacje GR: 2k2, 6k2, 16k2, 23k2, 40k1 - kierunek od obszarów turystycznych) oraz o największym natężeniu ruchu w soboty - $TO_{VII-VIII3}$ (stacje GR: 3 i 22 - profil $SO4$ poza obszarami turystycznymi). Ostatecznie przyjęte profile zmienności tygodniowej dla dróg

krajowych, przedstawiono w formie graficznej na rys. 4.23 oraz opisowej w tab. 4.25 i 4.26 (profile zmienności natężeń ruchu uzyskane ze stacji *Traxelektronik* pokrywają się z poszczególnymi profilami zgodnie z tab. zamieszczoną w załączniku).





Rys. 4.23. Profile tygodniowej zmienności ruchu (DK) odpowiednio dla: ogółu pojazdów – a) cały rok poza autostradami, b) autostrady cały rok oraz pozostałe drogi w miesiącach VII – VIII; pojazdy ciężkie - c) wszystkie drogi poza autostradami i st. nr 41, d) autostrady oraz st. nr 41

Tab. 4.25. Statystyki opisowe poszczególnych profili – zmienność tygodniowa

ogół pojazdów																					
dzień	wartości przeciętne									odlegające od przeciętnych						TO _{VII-VIII1}			TO _{VII-VIII2}		
	profil - TO1			profil - TO2			profil - TO3			profil - TO4			profil - TO5			śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]
	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]						
pn	1,029	0,02	2,35	1,060	0,06	5,58	0,941	0,04	4,31	1,091	0,02	1,93	0,878	0,05	5,58	1,032	0,07	6,79	0,923	0,03	2,83
wt	1,032	0,02	2,31	1,001	0,02	2,18	0,989	0,03	3,26	1,108	0,01	1,29	0,976	0,05	5,09	0,848	0,03	3,69	0,886	0,04	4,67
śr	1,037	0,02	2,08	0,988	0,02	1,82	1,022	0,03	2,53	1,090	0,02	2,21	1,095	0,02	1,88	0,856	0,05	5,62	0,934	0,05	5,01
czw	1,040	0,02	1,54	0,983	0,02	1,69	1,046	0,02	2,03	1,040	0,04	3,37	1,170	0,00	0,35	0,883	0,05	5,47	1,018	0,05	4,98
pt	1,103	0,03	3,05	1,020	0,02	2,35	1,187	0,04	3,64	1,072	0,02	1,78	1,214	0,00	0,30	1,024	0,02	2,24	1,219	0,08	6,78
sb	0,890	0,04	4,08	0,889	0,03	3,60	1,002	0,06	5,80	0,765	0,01	1,43	0,953	0,04	4,60	1,219	0,07	6,00	1,140	0,07	5,97
nd	0,862	0,06	6,79	1,064	0,05	4,57	0,817	0,07	8,06	0,823	0,09	10,62	0,709	0,07	9,50	1,103	0,11	9,78	0,876	0,10	10,98
ogół pojazdów																					
pojazdy ciężkie																					
dzień	TO _{VII-VIII3}	wartości przeciętne									odlegające od przeciętnych										
		profil - TC1			profil - TC2			profil - TC3			profil - TC4			profil - TC5			profil - TC6				
		śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]
pn	1,093	0,07	6,32	1,111	0,05	4,21	1,135	0,04	3,50	0,925	0,04	4,50	1,200	0,04	3,17	0,830	0,03	3,40	0,989	0,12	11,77
wt	0,911	0,04	4,73	1,159	0,02	1,93	1,221	0,03	2,70	1,029	0,05	4,59	1,257	0,01	0,92	0,989	0,03	3,32	1,050	0,14	13,27
śr	0,902	0,04	4,34	1,122	0,03	2,61	1,229	0,02	1,97	1,097	0,02	2,09	1,182	0,03	2,34	1,178	0,02	1,50	1,036	0,01	1,18
czw	0,914	0,04	4,06	1,085	0,03	2,37	1,225	0,03	2,38	1,144	0,02	1,39	1,043	0,04	4,08	1,296	0,01	0,75	1,051	0,10	9,16
pt	0,964	0,06	6,18	1,067	0,04	3,67	1,208	0,03	2,79	1,196	0,05	4,49	0,992	0,04	3,60	1,274	0,02	1,70	1,040	0,01	1,11
sb	0,985	0,05	5,23	0,781	0,07	8,43	0,613	0,06	9,50	0,962	0,07	6,93	0,634	0,03	4,41	0,955	0,05	4,92	0,967	0,04	4,46
nd	1,230	0,09	7,31	0,665	0,07	9,90	0,360	0,07	19,38	0,641	0,09	13,44	0,665	0,09	12,87	0,463	0,05	11,39	0,866	0,09	10,33

Tab. 4.26. Charakterystyczne cechy dróg i ich otoczenia odpowiednio do każdego z profili zmienności tygodniowej

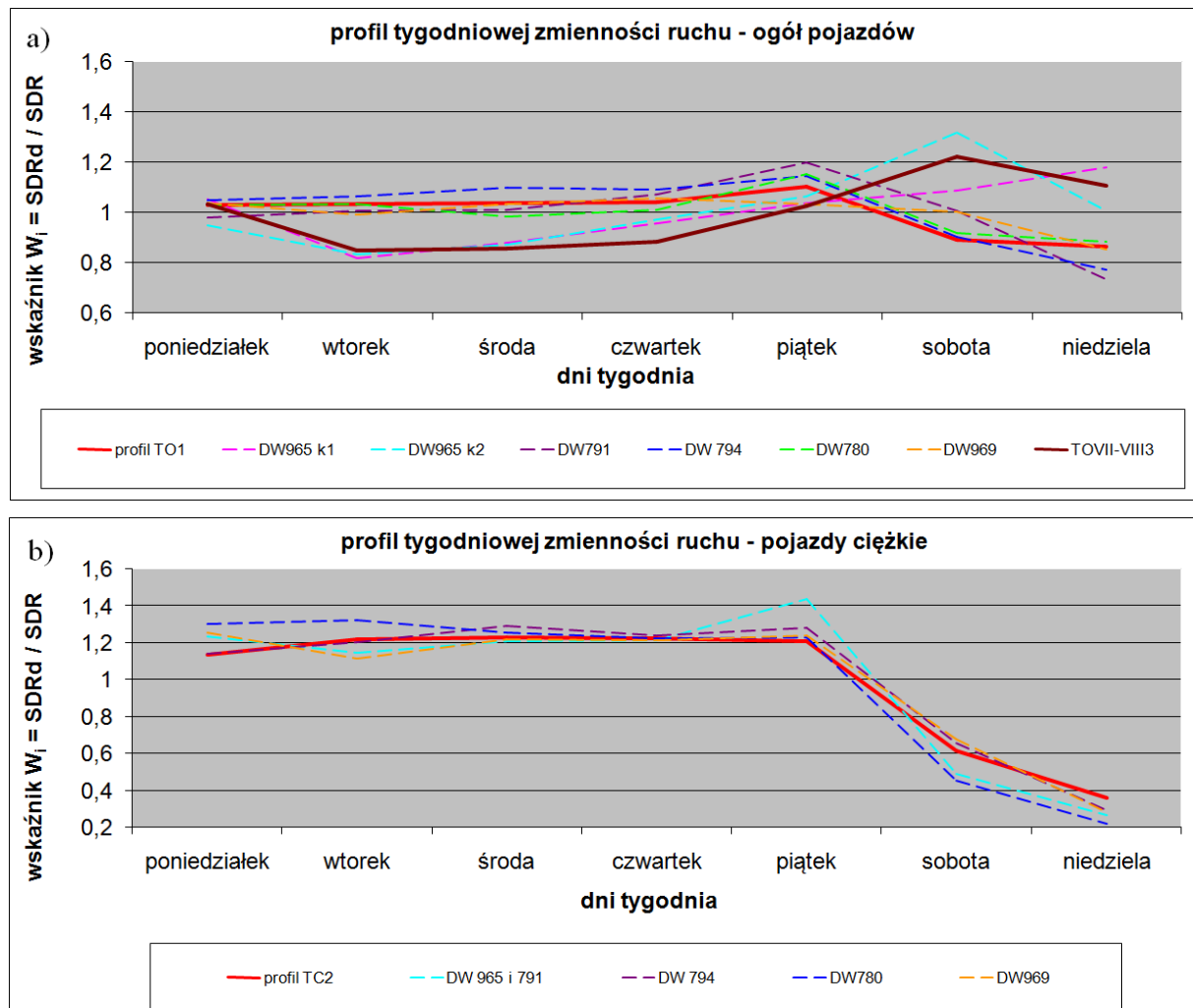
symbol profilu	Lokalizacja region Polski	Charakter przenieszonego ruchu	Oddziaływanie obiektów ruchotwórczych	Powiązanie przestrzenne	Autostrady
TO1	7	2	4	1, 3	nie
		1	1	2	
TO2	7	1	1	2	nie
TO3	7	1	2	2, 3	nie
TO4	2	1, 3	3	2, 3	tak
TO5	2	1, 3	3	2, 3	tak
TO _{VII-VIII} 1	1, 4, 5	1 (profil SO3 i SO4)	kierunek do obszarów turystycznych	3	nie
TO _{VII-VIII} 2	1, 4, 5	1 (profil SO3 i SO4)	kierunek od obszarów turystycznych	3	nie
TO _{VII-VIII} 3	1, 2	2 (profil SO4)	poza obszarami turystycznymi	3	nie
TC1	6	1	1	3	nie
TC2	7 poza 6	2	4	4	nie
TC3	6	1	2	3	nie
TC4	2	1, 3	1	2, 3	tak
TC5	2	1, 3	2	2, 3	tak
TC6	4	2, 3	3	3	nie

Legenda: **Region Polski** (zgodnie z opisem pod tab.3.1): 1. Pomorze, 2. Wielkopolska, 3. Małopolska, 4. Warmia, Mazury i Podlasie, 5. Mazowsze, 6. wzdłuż granicy wschodniej, 7. cały obszar Polski; **Charakter przenieszonego ruchu**: 1. różne profile dla obu kierunków ruchu, 2. takie same profile dla obu kierunków ruchu, 3. udział pojazdów ciężkich powyżej 40%; **Oddziaływanie obiektów/obszarów ruchotwórczych (miejsce pracy, nauki, handlu, placów budowy itp.)**: 1. na kierunku, 2. w kierunku przeciwnym, 3. trudne do określenia, 4. bez znaczenia; **Powiązanie przestrzenne**: 1. strefa podmiejska, 2. strefa oddziaływania aglomeracji miejskich ale nie strefa podmiejska, 3. poza oddziaływaniem aglomeracji miejskich, 4. bez znaczenia.

W przypadku dróg wojewódzkich (rys. 4.24) z przeprowadzonych analiz wynika, że w praktyce, można stosować wskaźniki tygodniowej zmienności ruchu dla dróg krajowych w następujący sposób:

- w dniach od poniedziałku do czwartku dla ogółu pojazdów (drogi przenoszące ruch związany z dojazdem do dużych miast – DW794, DW780, z przemysłem DW791 oraz ruch turystyczny – DW969) – profil *TO1*,
- w dniach od poniedziałku do piątku dla ogółu pojazdów (w przypadku wyraźnego wzrostu ruchu w weekend – DW965) – profil *TO_{VII-VIII}3*,
- w dniach od wtorku do czwartku dla pojazdów ciężkich (wszystkie drogi poza przenoszącymi ruch turystyczny DW965, DW791, DW794, DW780) – profil *TC2*,
- w dniach od środy do niedzieli dla pojazdów ciężkich (drogi przenoszące ruch turystyczny – DW969) – profil *TC2*.

W pozostałe dni ze względu na zbyt duże różnice pomiędzy profilami zmienności ruchu dla dróg wojewódzkich i krajowych (różnica przekraczająca 5%) nie można stosować ich zamiennie (zbyt wysoki popełniany błąd przy szacowaniu *SDR*). W takim przypadku należy używać profili zmienności tygodniowej określonych dla dróg wojewódzkich.



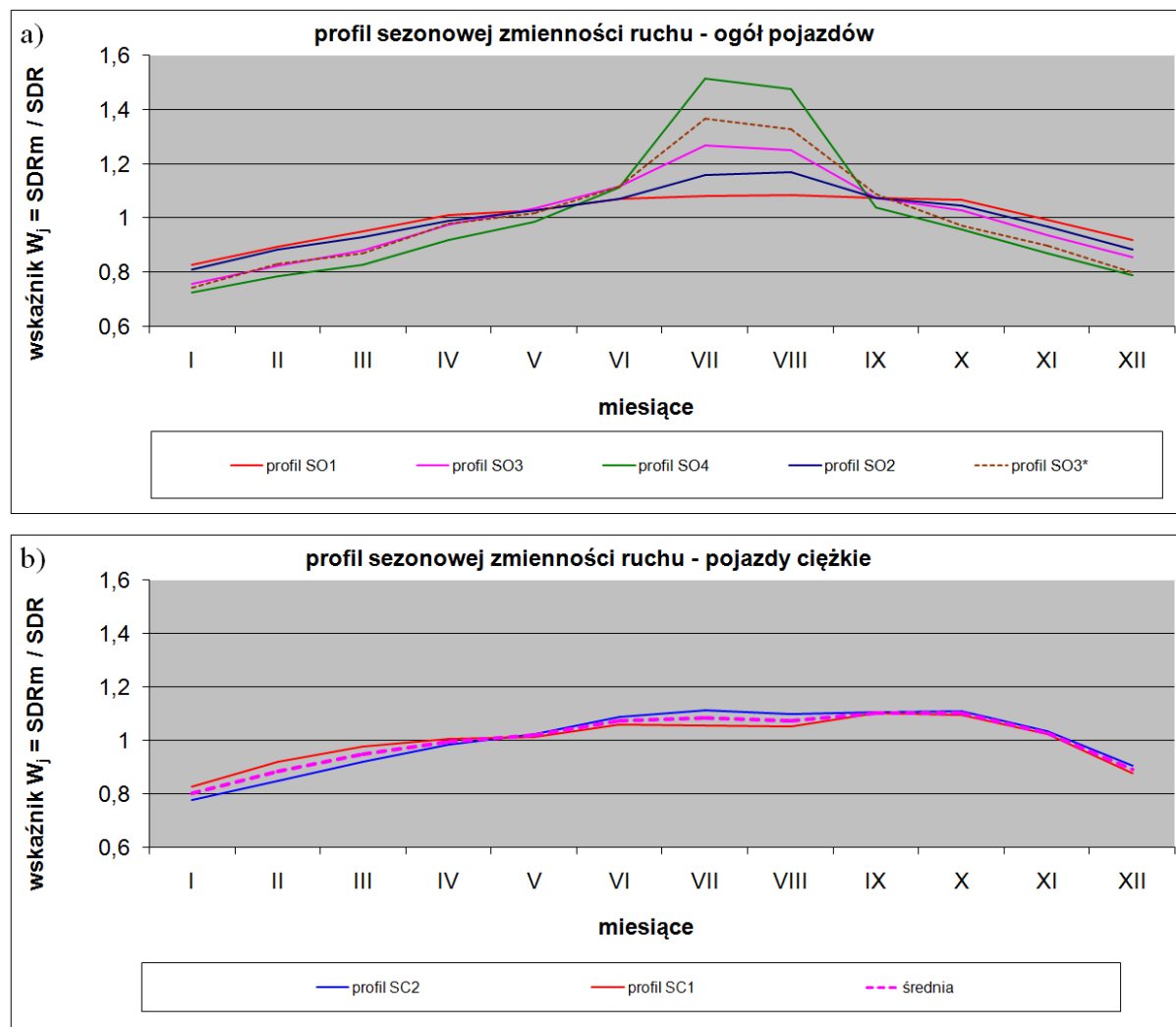
Rys. 4.24. Profil tygodniowej zmienności ruchu odpowiednio dla: a) ogółu pojazdów, b) pojazdów ciężkich – wybrane drogi krajowe + drogi wojewódzkie

4.5.3. Profil rozkładu sezonowego

W toku analiz uzupełniających obejmujących również dane pochodzące z firmy *Traxelektronik* zidentyfikowano kolejny profil rozkładu sezonowego dla ogółu pojazdów - profil *SO3**. Charakteryzuje się on pośrednimi wartościami udziałów poszczególnych miesięcy w roku w stosunku do dróg o profilu *SO3* i *SO4* (*TE5*, *TE17*, *TE38*, *TE39*). Odcinki dróg o takim charakterze zlokalizowane są głównie na Pomorzu na trasach w kierunku wschód – zachód (*DK20* i *DK22*) poza wpływem aglomeracji miejskich oraz na południu Polski w rejonie Nowego Sącza (*DK75*). Jednakże ze względu na zbyt małą próbę oraz zastrzeżenia co do jakości danych przed dodaniem przedmiotowego profilu należy rozszerzyć badania na innych odcinkach drogowych. Profile zmienności natężeń ruchu uzyskane z pozostałych stacji *Traxelektronik*, zawierają się w profilu *SO2* oraz *SO4* (zgodnie z tab. zamieszczoną w załączniku). Ponadto w przypadku stacji *TE12* uzyskano profil o skrajnej amplitudzie zmian, gdzie udział lipca jest bliski 2. Z analiz usunięto stacje *TE1*, *TE8*, *TE31*

(udział przynajmniej jednego miesiąca w roku jest bliski 0) oraz TE29 (profile zmienności sezonowej w roku 2010 i 2008 są bardzo różne).

W przypadku pojazdów ciężkich zdecydowano połączyć wyznaczone profile poprzez ich uśrednienie (ze względu na bardzo zbliżone wartości). Ostatecznie przyjęte profile zmienności sezonowej dla dróg krajowych, przedstawiono na rys. 4.25 oraz opisowej w tab. 4.27 i 4.28.



Rys. 4.25. Profil sezonowej zmienności ruchu odpowiednio dla: a) ogółu pojazdów, b) pojazdów ciężkich

Tab. 4.27. Statystyki opisowe poszczególnych profili – zmienność sezonowa

mie siąc	ogół pojazdów															pojazdy ciężkie								
	profil - SO1			profil - SO2			profil - SO3			profil - SO4			profil - SO3*			profil - SC1		profil - SC2		całość				
	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]			
I	0,827	0,02	2,78	0,809	0,03	3,34	0,756	0,03	4,09	0,724	0,03	3,60	0,743	0,06	8,40	0,825	0,04	5,11	0,777	0,05	6,65	0,801	0,04	5,48
II	0,893	0,02	1,87	0,882	0,02	1,80	0,823	0,02	2,40	0,786	0,04	5,21	0,830	0,05	6,00	0,920	0,03	3,74	0,849	0,04	4,86	0,884	0,04	4,59
III	0,951	0,01	1,50	0,929	0,03	2,95	0,880	0,02	2,79	0,827	0,02	2,19	0,869	0,04	4,87	0,976	0,02	2,46	0,918	0,03	3,52	0,947	0,03	3,49
IV	1,011	0,01	1,12	0,989	0,02	2,12	0,974	0,02	1,99	0,918	0,02	1,78	0,980	0,08	7,97	1,005	0,03	3,30	0,985	0,03	3,01	0,995	0,03	3,21
V	1,030	0,02	1,87	1,026	0,02	1,71	1,035	0,03	2,72	0,986	0,03	3,07	1,017	0,03	3,41	1,012	0,02	2,32	1,023	0,03	2,88	1,018	0,02	2,40
VI	1,070	0,02	1,71	1,071	0,02	1,47	1,118	0,02	1,65	1,114	0,04	3,74	1,115	0,05	4,77	1,060	0,02	2,18	1,087	0,03	2,71	1,074	0,03	2,46
VII	1,082	0,02	1,88	1,157	0,03	2,39	1,269	0,03	2,21	1,515	0,05	3,20	1,366	0,10	7,16	1,055	0,03	3,02	1,113	0,04	3,60	1,084	0,04	3,69
VIII	1,086	0,02	1,80	1,169	0,02	1,54	1,252	0,03	2,40	1,475	0,01	0,36	1,329	0,09	6,93	1,051	0,02	2,32	1,097	0,03	2,47	1,074	0,03	2,85
IX	1,073	0,03	2,54	1,072	0,02	1,48	1,075	0,03	2,76	1,039	0,02	2,40	1,086	0,05	4,36	1,100	0,02	2,15	1,106	0,02	1,82	1,103	0,02	2,01
X	1,066	0,02	2,06	1,045	0,01	1,03	1,028	0,02	1,61	0,958	0,01	1,36	0,970	0,02	2,26	1,093	0,06	5,57	1,107	0,02	2,24	1,100	0,03	2,76
XI	0,994	0,02	2,10	0,967	0,01	1,17	0,938	0,01	1,42	0,870	0,00	0,46	0,897	0,06	6,19	1,024	0,03	2,87	1,032	0,04	3,71	1,028	0,03	2,80
XII	0,918	0,04	4,23	0,884	0,02	2,77	0,853	0,02	2,69	0,788	0,01	1,57	0,799	0,08	9,45	0,878	0,05	5,73	0,904	0,02	2,75	0,891	0,05	5,29

Tab. 4.28. Charakterystyczne cechy dróg i ich otoczenia odpowiednio do każdego z profili

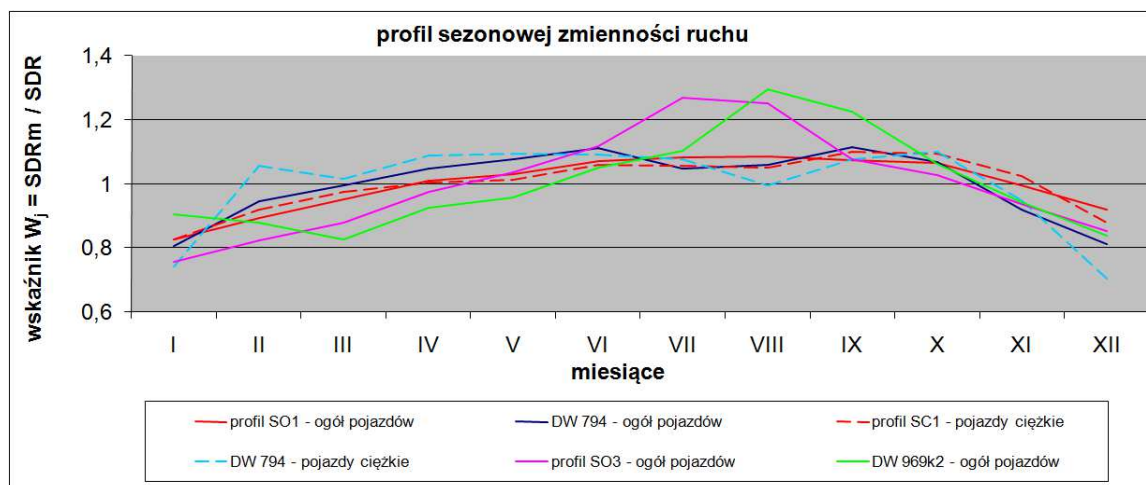
symbol profilu	Lokalizacja region Polski	Charakter przenoszonego ruchu	Powiązanie przestrzenne	Obszar turystyczny	Autostrady
SO1	3, 4, 5, 6	1, 2	5	nie	tak
SO2	1, 2	1, 2	1, 4	tak	nie
	3, 5, 6	1, 3	3, 4	nie	nie
SO3	1, 2, 4	1, 2, 3	3, 4	tak	nie
SO4	1, 4 główne trasy Pn. -Pd. (DK 1, DK 3, DK7)	1, ruch turystyczny	4	tak	nie
SO3*	1, 6 dwucyfrowe DK na kierunku W-Z (DK 20, DK22), DK 75	3, ruch turystyczny	4	tak	nie
SC1	1	4	5	nie	nie
	2, 3, 4, 5, 6	4	5	tak	tak
SC2	1, 2 - strefa ruchu przygranicznego	4	5	tak	nie

Legenda: **Region Polski** (zgodnie z opisem pod tab.3.1): 1. Pomorze, 2. Warmia, Mazury i Podlasie, 3. Wielkopolska, 4. Mazowsze, 5. Śląsk, 6. Małopolska; **Charakter przenoszonego ruchu**: 1. dalekobieżny, 2. dalekobieżny + międzynarodowy (głównie pojazdów ciężkich), 3. pozostały; 4. bez znaczenia **Powiązanie przestrzenne**: 1. strefa podmiejska, 2. Oddziaływanie miast w odległości < 20 km, 3. oddziaływanie miast ale w odległości > niż 20 km, 4. poza oddziaływaniem aglomeracji miejskich, 5. bez znaczenia.

W przypadku dróg wojewódzkich (rys. 4.26) z przeprowadzonych analiz wynika, że w praktyce można stosować wskaźniki sezonowej zmienności ruchu dla dróg krajowych w następujący sposób:

- poza miesiącami luty, listopad i grudzień dla ogółu pojazdów (drogi przenoszące ruch związane z dojazdem do dużych miast - DW794) – profil *SO1*,
- w miesiącach sierpień, październik, listopad i grudzień dla ogółu pojazdów (drogi przenoszące ruch turystyczny – DW969) – profil *SO3*,
- w miesiącach marzec, czerwiec, lipiec, wrzesień i październik dla pojazdów ciężkich (drogi przenoszące ruch związane z dojazdem do dużych miast - DW794) – profil *SC1*.

W pozostałych miesiącach ze względu na zbyt duże różnice pomiędzy profilami zmienności ruchu dla dróg wojewódzkich i krajowych (różnica przekraczająca 5%) nie można stosować ich zamiennie (zbyt wysoki popełniany błąd przy szacowaniu *SDR*). W takim przypadku należy używać profili zmienności sezonowej określonych dla dróg wojewódzkich.



Rys. 4.26. Profil sezonowej zmienności ruchu – wybrane drogi krajowe + drogi wojewódzkie

4.6. Określenie modelowych zależności między cechami zmienności natężenia ruchu w czasie a Średnim Dobowym Ruchem w roku (SDR) przy uwzględnieniu wyróżnionych cech drogi i jej otoczenia

Analizy prowadzono na danych pochodzących ze stacji *Golden River* z roku 2010 (w przypadku dróg dwujezdniowych z ostatniego roku w którym były wykonywane pomiary) w odniesieniu do natężeń dobowych ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich w przekroju drogi dla zidentyfikowanych charakterystycznych cech drogi i jej otoczenia (tab. 3.1). Z analiz, ze względu na odbiegające wartości natężeń dobowych od wartości przeciętnych, usunięto dni ustawowo wolne od pracy oraz bezpośrednio z nimi związane (tab. 4.7). W pierwszej kolejności przeprowadzono szczegółowe analizy przy wykorzystaniu profili określonych w p. 4.5 oraz dostępnych w opracowaniu *Ruch Drogowy* [81] w 20 okresach tj. dla całego roku, dla każdego z miesięcy i dla miesiąca o największej dokładności szacowania *SDR* w każdym z dni tygodnia (najmniejsza średnia różnica w stosunku do wartości *SDR* wyznaczonej ze wszystkich dni w roku). Na podstawie uzyskanych wyników a także wcześniejszych ustaleń (p. 4.1) wyznaczono trzy okresy w których przeprowadzono dalsze analizy tj. dla całego roku oraz w miesiącach dla których uzyskano największą dokładność szacowania *SDR*: maj – październik, wrzesień – październik dla wszystkich dni tygodnia oraz dla dni o największej dokładności szacowania *SDR*: wtorek - czwartek (tzw. najkorzystniejszy okres przeprowadzania pomiarów zgodnie z tab. zamieszczoną w załączniku). W przypadku pojazdów ciężkich analizy ograniczono jedynie do okresów dla których uzyskano największą dokładność szacowania *SDR* tj. środa i piątek w miesiącach V- X i IX – X. Następnie w celu określenia modelowych zależności pomiędzy cechami zmienności natężenia ruchu w czasie a *SDR*, wyznaczono czterema metodami szacowany średni dobowy ruch w roku tzw. SDR_{sz} (średnia z wartości uzyskanych z kolejnych dni w wyróżnionym okresie), przy różnej kombinacji zidentyfikowanych cech drogi i otoczenia. Dodatkowo w celu określenia wpływu oddziaływania obiektów ruchotwórczych na wartość *SDR* przeprowadzono uzupełniające analizy na wyselekcjonowanych danych (profil zmienności sezonowej *SOI*, tygodniowej *TO1-TO3*) przy uwzględnieniu kierunków ruchu (dla całego zbioru pojawia się zbyt duża liczba mało zróżnicowanych zmiennych – 16544 – znacznie utrudniająca analizy). W ostatniej fazie, przeprowadzono analizę porównawczą zastosowanych metod, w celu wskazania najbardziej efektywnej.

4.6.1. Metoda wskaźnikowa

Przeliczenie natężeń dobowych (Q_d) na *SDR* wykonano według wzoru 2.2.5. Jako wskaźniki przeliczeniowe sezonowych i tygodniowych wahań ruchu natężenia ruchu przyjęto:

1. wskaźniki określone w p. 4.5 (powiązane z cechami dróg i ich otoczenia zgodnie z tab. 4.26 i 4.28) – metoda wskaźnikowa A (WA),

2. wskaźniki zamieszczone w opracowaniu Ruch Drogowy [81] – metoda wskaźnikowa B (WB).

Z przeprowadzonych analiz wynika że, metoda WA daje zdecydowanie większą dokładność niż metoda WB (tab. 4.29). Dla okresu rocznego, wszystkich dni tygodnia dla wszystkich punktów uzyskano redukcję średniego *MAPE* o 10,4% (w przypadku punktów gdzie *SDR* był wyznaczony jako suma natężenia na dwóch kierunkach uzyskano redukcję o 16,8% - wartości zaznaczone na czerwono w tab. 4.29). Średni *MAPE* dla metody WA wynosi 6,5% (dla pojazdów ciężkich: miesiące V – X – 5,5%; IX – X – 5,1%) oraz dla metody WB: 7,3%. Ponadto w przypadku metody WB, wartości *MAPE* wykazują w obrębie jednej stacji oraz między stacjami znacznie większe zróżnicowanie w stosunku do metody WA (średnia wartość odchylenia standardowego liczona z *MAE*, większa o około 12%) co świadczy o mniejszej stabilności tej metody oraz o możliwości popełnienia większego błędu w przypadku doboru niekorzystnego okresu pomiaru niż dla metody WA. W przypadku dni od wtorku do czwartku w metodzie WA uzyskano redukcję średniej wartości *MAPE* o 6,6%. W przypadku okresu obejmującego miesiące V – X i IX-X, uzyskano redukcję średniego *MAPE* dla wszystkich punktów o 22,7% (w przypadku punktów gdzie *SDR* był wyznaczony jako suma natężenia na dwóch kierunkach uzyskano redukcję o 30,5% - wartości zaznaczone na czerwono w tab. 4.29) oraz średnią wartość odchylenia standardowego mniejszą o około 23,2%. W przypadku dni od wtorku do czwartku uzyskano redukcję średniej wartości *MAPE* dla miesięcy V-X o 13,7% oraz dla IX-X o 24,3%. Ponadto z przeprowadzonych analiz wynika że, zgodnie z oczekiwaniami nastąpiła redukcja średniej wielkości *MAPE* w obrębie jednej metody w przypadku szacowania *SDR* na podstawie natężeń dobowych pochodzących z najkorzystniejszego okresu przeprowadzania pomiarów ruchu. Tak też w przypadku miesięcy V-X, IX-X (wszystkie dni tygodnia) oraz dla roku, miesięcy V-X i IX-X dla dni wtorek - czwartek uzyskano redukcję odpowiednio o (odniesienie do całego roku, wszystkich dni tygodnia):

- metody WA (ogół pojazdów): 22,3%; 29,6%; 11,6%; 35,1% i 41,8%,
- metoda WB: 10,2%; 18,1%; 15,2%; 32,6% i 31,2%.

Wyniki te potwierdzają, że najlepszym okresem przeprowadzania pomiarów ruchu w celu oszacowania *SDR* są miesiące V – X (w metodzie WA w szczególności IX – X) oraz dni od wtorku do czwartku. *SDR* szacowane na ich podstawie może być obciążone błędem w przypadku: metody WA - ogół pojazdów 4,2% (3,8% dla miesięcy IX-X) - pojazdy ciężkie 6,4% (6,1% dla miesięcy IX-X), metody WB 4,9%. *SDR* szacowane na podstawie wyników pomiaru pochodzących z pozostałych miesięcy (I – IV, XI, XII) w dniach od poniedziałku do niedzieli może być obciążony błędem nawet ponad dwukrotnie większym wynoszącym dla ogółu pojazdów 8,2% oraz pojazdów ciężkich 13,8%.

W tab. 4.29 przedstawiono średnie wartości *MAPE* i σ uzyskane w wyniku szacowania *SDR* według metody WA i WB w trzech wyróżnionych okresach (w przypadku pojazdów ciężkich w dwóch okresach o największej uzyskanej dokładności szacowania *SDR*).

Tab. 4.29. Porównanie dokładności szacowania SDR metodą wskaźnikową (wskaźniki metoda WA i WB)

nr st.	metoda wskaźnikowa - WA - ogół pojazdów												WA - pojazdy ciężkie				metoda wskaźnikowa - WB - ogół pojazdów											
	MAPE= $\frac{(SDR-SDR_{est})}{SDR} \cdot 100$ [%]						odchylenie standardowe						MAPE [%]		σ [-]		MAPE [%]						odchylenie standardowe					
	pn - nd			wt - czw			pn - nd			wt - czw			śr i pt		pn - nd			wt - czw			pn - nd			wt - czw				
	I-XII	V-X	IX-X	I-XII	V-X	IX-X	I-XII	V-X	IX-X	I-XII	V-X	IX-X	V-X	IX-X	V-X	IX-X	I-XII	V-X	IX-X	I-XII	V-X	IX-X	I-XII	V-X	IX-X	I-XII	V-X	IX-X
1	5,4	4,1	4,1	4,9	3,0	3,6	7,7	5,7	6,4	6,9	4,5	6,3	4,1	4,8	5,4	6,6	5,9	4,4	5,4	5,5	3,9	4,6	8,0	6,2	7,2	7,6	5,3	7,0
2	6,3	5,4	4,6	5,6	5,1	3,3	8,4	7,3	5,7	7,1	4,7	3,4	6,0	6,1	4,0	3,8	10,4	11,3	8,4	6,6	5,1	6,4	15,1	16,9	9,8	6,8	4,8	3,5
4	7,0	4,7	3,3	5,3	2,3	1,6	9,2	6,5	4,5	6,2	2,9	2,2	7,1	4,8	4,3	2,8	6,9	5,4	3,5	4,6	2,5	1,8	9,4	7,1	4,6	5,6	2,2	2,0
5	7,3	4,8	4,1	7,1	4,2	3,0	8,9	5,7	5,2	7,7	5,1	2,8	7,9	9,3	4,4	5,2	5,3	4,2	3,7	3,8	2,7	2,9	7,3	5,3	4,6	3,8	2,5	2,8
6	7,0	8,2	7,6	6,4	7,4	4,6	9,5	10,9	9,9	7,6	7,1	3,1	6,1	2,8	5,6	2,7	7,4	9,5	6,6	6,2	7,3	5,5	11,1	14,0	9,3	7,0	6,0	2,3
9	6,0	4,9	4,4	5,2	5,2	4,0	8,5	6,3	5,5	6,7	5,1	4,1	10,4	9,4	4,6	3,2	5,7	4,7	4,3	4,6	4,3	3,3	8,3	6,4	5,8	6,0	4,0	3,5
10	11,4	9,5	8,4	13,9	14,8	13,2	14,2	7,1	5,6	15,9	3,8	3,7					11,6	10,8	9,0	14,2	17,0	15,5	14,2	10,7	8,7	14,6	3,4	3,8
11	5,5	3,6	2,5	5,4	3,9	2,7	7,8	5,2	3,6	7,0	5,2	3,6	3,1	2,1	3,6	2,6	5,9	6,2	5,7	5,0	5,4	5,0	8,3	8,5	7,3	6,6	4,9	3,5
12	5,3	5,4	5,4	4,5	4,3	6,1	7,0	6,7	6,1	5,4	3,2	2,6	4,9	2,2	5,8	2,8	8,0	9,5	9,2	6,8	8,3	7,6	10,4	11,9	11,8	5,9	3,6	2,9
13	7,1	5,9	6,6	5,5	4,6	6,3	9,1	7,9	7,2	6,9	4,9	3,3	9,0	8,4	12,9	6,5	7,2	5,7	6,0	6,6	5,7	5,4	8,9	7,0	7,5	7,9	4,4	4,3
14	4,7	3,0	2,7	4,2	2,4	2,1	6,5	3,7	3,3	5,5	2,9	2,4	3,8	4,3	4,3	4,8	5,5	4,2	3,9	5,1	4,0	2,6	7,0	5,2	4,2	6,7	4,6	3,1
15	5,5	4,3	4,3	4,7	3,2	3,7	7,8	5,2	5,8	6,9	4,1	4,4	4,3	6,5	5,5	4,8	5,6	4,5	4,6	5,4	4,2	3,6	7,8	5,8	6,2	7,5	4,8	4,7
16	7,3	5,8	5,0	6,1	5,0	2,0	9,9	7,1	5,9	7,5	4,8	2,5	3,6	4,1	4,0	3,4	11,7	12,0	7,1	7,6	3,8	3,1	16,9	17,1	9,2	7,9	3,5	1,9
17	4,1	3,4	3,2	3,0	2,0	1,8	5,9	4,3	4,2	3,9	2,5	2,5	2,9	3,6	3,5	3,8	4,4	4,0	4,5	5,8	3,2	2,4	6,0	5,2	4,4	15,5	3,7	2,7
23	6,0	3,6	2,6	6,3	4,9	2,1	8,1	5,1	3,3	7,7	5,7	2,8	4,4	2,6	6,1	3,1	6,5	6,9	4,5	3,9	3,3	3,3	9,4	9,3	6,0	5,1	3,2	2,3
26	7,8	5,3	6,2	6,7	4,1	5,8	9,9	6,3	6,4	5,7	3,9	2,6	6,7	8,3	4,4	3,2	6,6	4,8	6,3	4,7	3,0	4,7	8,9	5,9	5,9	4,8	3,4	2,7
27	5,0	3,5	3,4	4,1	2,0	2,2	6,7	4,6	4,2	5,8	2,6	2,8	3,8	3,3	4,7	2,7	6,4	4,0	4,6	6,9	4,2	5,7	8,3	5,0	4,7	7,2	4,5	3,5
28	5,3	4,4	3,4	3,9	2,6	2,3	9,4	9,6	4,2	5,3	3,0	1,7	4,2	3,2	5,0	4,1	4,6	4,0	2,7	3,1	1,9	2,0	9,1	9,5	3,5	4,5	2,4	1,4
29	7,2	5,1	4,3	7,5	4,8	3,9	8,7	6,2	4,8	7,5	5,4	3,7	10,3	7,3	6,7	6,2	5,5	5,5	5,2	3,7	2,8	2,7	7,7	6,8	7,0	5,1	3,5	3,6
31	6,3	7,2	7,0	4,7	4,9	7,7	8,4	8,9	6,5	6,3	4,7	2,6	5,5	5,9	5,9	2,9	8,8	11,0	10,5	6,1	7,9	8,8	11,5	13,4	11,6	6,4	4,1	2,2
33	5,3	3,7	2,7	5,0	3,5	2,4	7,2	3,7	3,7	5,4	2,7	2,7	3,5	4,3	4,9	5,9	5,9	4,2	4,7	5,3	3,4	3,9	7,6	5,3	5,2	6,1	3,8	3,5
34	5,3	3,4	3,6	5,2	3,3	3,9	7,6	4,2	4,7	7,4	4,0	5,3	5,6	5,6	6,7	7,5	5,9	4,3	4,8	5,9	4,4	5,0	8,0	5,2	5,8	8,1	5,2	6,3
37	6,6	5,4	4,1	4,3	3,4	2,8	6,6	7,3	3,7	4,3	3,4	2,8					6,7	5,6	5,0	4,1	2,9	3,5	10,0	7,8	4,3	6,0	3,6	3,6
40	5,2	3,6	2,9	5,6	3,5	3,4	7,0	4,4	3,1	7,4	4,3	2,7	4,9	4,5	6,1	5,3	8,1	7,4	4,0	6,1	3,0	2,3	11,7	10,9	6,2	8,0	3,7	2,9
36	14,1	9,6	10,8	9,8	3,0	2,3	20,2	14,9	17,9	15,9	3,6	2,5	4,3	3,8	4,9	4,5	16,1	12,9	18,0	14,0	8,4	14,0	20,8	18,1	22,0	18,2	11,7	13,8
38	5,1	5,0	3,6	3,9	3,1	2,5	6,7	6,7	5,0	5,0	3,1	3,3	3,3	2,0	4,0	1,9	6,3	4,3	5,0	6,9	4,2	5,4	7,6	5,3	5,3	6,9	5,0	3,4
30	7,1	4,3	3,4	7,4	4,0	3,2	8,8	5,8	3,3	9,0	5,4	3,0	8,4	9,2	8,4	10,4	8,0	5,4	3,8	8,4	6,1	3,6	9,6	6,2	2,9	9,9	6,1	3,3
śr.	6,5	5,1	4,6	5,8	4,2	3,8	8,7	6,6	5,6	7,2	4,2	3,2	5,5	5,1	5,4	4,4	7,3	6,5	6,0	6,2	4,9	5,0	10,0	8,7	7,1	7,6	4,4	3,7

4.6.2. Regresja wieloraka

Przyjęto liniowe modele regresji wielorakiej o następującej postaci:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_k * X_k + \zeta \quad (4.6.1.)$$

gdzie: Y - zmienna zależna (objaśniana - SDR), β_0 - wyraz wolny regresji, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ - współczynniki regresji cząstkowej, X_1, X_2, \dots, X_k - zmienne niezależne (objaśniające), ζ - składnik losowy.

Jako zmienne objaśniające użyto:

- zmienne ilościowe - wielkość dobowego natężenia ruchu, udział pojazdów ciężkich (w przypadku okresu analiz IX – X ze względu na brak statystycznej istotności nie brano pod uwagę),
- zmienne jakościowe – dzień tygodnia, miesiąc w roku, region Polski (Pomorze, Warmia – Mazury – Podlasie, Wielkopolska, Mazowsze, Śląsk, Małopolska), powiązanie przestrzenne (bezpośrednie oddziaływanie aglomeracji miejskich w odległości < 20 km, oddziaływanie aglomeracji miejskich ale w odległości > 20 km, strefa podmiejska, poza oddziaływaniem aglomeracji miejskich), poziom SDR (< 10000 P/d lub > 10000 P/d – uwzględniona tylko w przypadku gdy wykazuje statystyczną istotność tj. dla całego roku i wszystkich dni tygodnia oraz w miesiącach V – X i IX – X dla dni od wtorku do czwartku), przekrój poprzeczny (1x2 lub 2x2) oraz charakter przenieszonego ruchu (dalekobieżny lub nie). Pozostałe zmienne tj. klasa techniczna (A lub GP), obszar turystyczny, ruch międzynarodowy ze względu na wysoką korelację z pozostałymi zmiennymi (współczynnik korelacji Spermiana

wynosi: autostrada/Wielkopolska – 0,74; obszar turystyczny/Pomorze – 0,69; ruch dalekobieżny/międzynarodowy – 0,51) zostały usunięte z analiz.

W celu wykorzystania zmiennych jakościowych, przekształcono je na zmienne zero-jedynkowe (1 – przypadek ma daną cechę, 0 – przypadek nie ma tej cechy). Przykładowo dla okresu IX-X, wtorek – czwartek model przyjmuje postać:

$$\begin{aligned} SDR_{sz} = & 3240 + 0,85 * Q_d - 234,5 * sr - 656,3 * czw - 158,1 * IX - 792,9 * P \\ & - 1996 * WMP - 2303 * W - 1125,9 * Maz - 1937 * S + 680,5 * ob \quad [P/d] \quad (4.6.2) \\ & - 348,1 * sp - 245,5 * po - 397,9 * SDR - 335,7 * p1x2 + 361,7 * rd \pm 814 \end{aligned}$$

gdzie: Q_d - wielkość dobowego natężenia ruchu, sr - środa, czw - czwartek, IX - wrzesień, P - Pomorze, WMP - Warmia - Mazury - Podlasie, W - Wielkopolska, Maz - Mazowsze, S - Śląsk, ob - bezpośrednie oddziaływanie aglomeracji miejskich w odległości <20 km, sp - strefa podmiejska, po - poza oddziaływaniem aglomeracji miejskich, SDR - poziom $SDR > 10000$ P/d, $p1x2$ - przekrój poprzeczny 1x2, rd - ruch dalekobieżny.

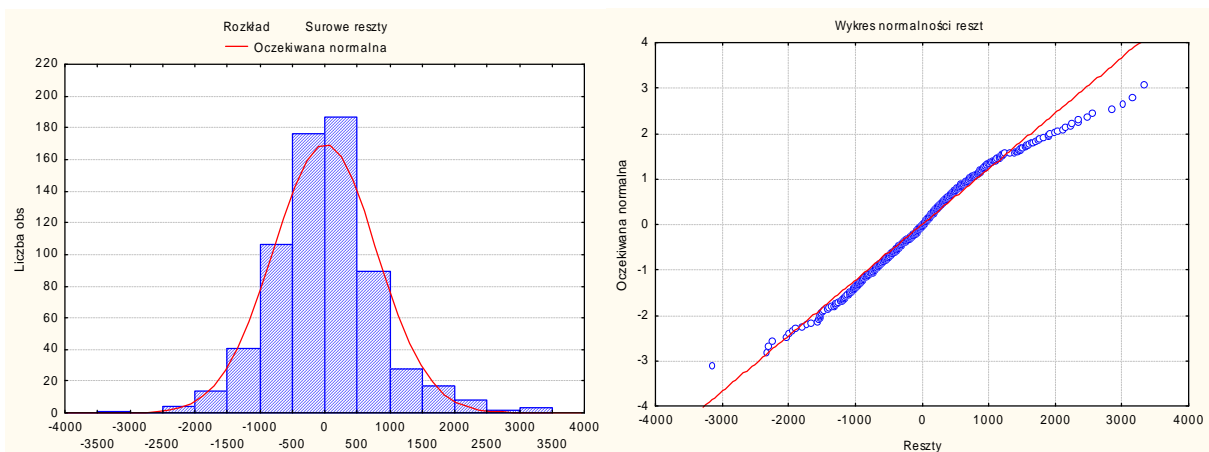
Ponadto wykonano analizy w wybranych punktach pomiarowych wyselekcjonowanych ze względu na przynależność funkcjonalno – geograficzną (p. 4.4.2.) o profilu zmienności sezonowej SOI i tygodniowej $TOI - TO3$ w dwóch wariantach tj. bez uwzględnienia kierunków ruchu (zmienne objaśniające ilościowe - pełny zakres, jakościowe bez przekroju poprzecznego, poziom SDR oraz ruchu dalekobieżnego) oraz z uwzględnieniem kierunków ruchu (zmienne objaśniające ilościowe – pełny zakres, jakościowe - pełny zakres, przy czym zamiast ruchu dalekobieżnego przyjęto ruch międzynarodowy oraz dodatkowo oddziaływanie obiektów ruchotwórczych: 1 na danym kierunku, 0 w kierunku przeciwnym). Zmienne reprezentujące natężenie dobowe są silnie skorelowane dodatnio ze zmienną objaśnianą. Dane dotyczące dni oraz miesięcy w roku mają bardzo niski współczynnik korelacji ze zmienną objaśnianą, jednakże ze względu na wnioski wynikające z przeglądu literatury, zostały dodane do zbioru zmiennych objaśniających. Tab. 4.30 przedstawia statystyki dla przykładowego liniowego modelu regresji wielorakiej (pozostałe tab. zamieszczono w załączniku). Małe błędy szacunkowe, wysoka istotność otrzymanych parametrów dla $p < 0,05$ (zmienne objaśniające wykazujące istotność w statystyce t -Studenta zaznaczono na czerwono) oraz wartość wskaźnika $R^2_s = 0,99$ świadczą o dobrym dopasowaniu modelu. W celu potwierdzenia poprawności modelu wykonano jego weryfikację opartą o statystykę F -Snedecora, analizę wariancji - ANOVA oraz analizę reszt - rys. 4.27 (uzyskano pozytywną weryfikację modelu oraz dobre dopasowanie reszt do rozkładu normalnego). Ponadto sprawdzono wymaganą liczebność próby koniecznej do szacunku SDR z błędem maksymalnym równym połowie przedziału ufności (177 P/d dla wszystkich punktów i 257 P/d dla wyselekcjonowanych) na poziomie ufności 0,95. Wymagana liczebność dla wszystkich punktów wynosi 8232 (jest 8272) a dla wyselekcjonowanych 3064 (jest 3075). W tab. 4.31 przedstawiono średnią wartość $MAPE$ oraz σ w każdym punkcie

pomiarowym oraz średnią ze wszystkich punktów. Jak widać uzyskano poprawę dokładności szacowania *SDR* na podstawie natężeń dobowych pochodzących z najkorzystniejszego okresu przeprowadzania pomiarów ruchu. W przypadku miesięcy V-X, IX-X (wszystkie dni w tygodniu) uzyskano redukcję odpowiednio o (odniesienie do całego roku, wszystkich dni tygodnia): 22,4% i 26,7%. W przypadku roku, miesięcy V-X i IX-X dla dni wtorek - czwartek uzyskano redukcję odpowiednio o (odniesienie do całego roku, wszystkich dni tygodnia): 30,7%; 53,4%; 52,8%. W przypadku pogrupowania danych (profil *SOI*, *TOI-TO3* – bez uwzględnienia kierunków ruchu) uzyskano maksymalną redukcję średniej wartości *MAPE* o ponad 70% w stosunku do całej bazy. W przypadku analiz prowadzonych przy uwzględnieniu kierunków ruchu uzyskano średnią wartość *MAPE* niezależnie od okresu analizy równą około 2,2% co świadczy o silnym związku kierunkowego natężenia ruchu i oddziaływania obszarów ruchotwórczych na *SDR* w analizowanej grupie dróg.

Dodatkowo w celu potwierdzania wcześniejszych ustaleń (wynik *ANOVA*) o braku istotności różnic w kolejnych latach, rozszerzono analizy o lata 2005 – 2010 (wyselekcjonowane punkty o profilu zmienności *SOI*, *TOI-TO3*). Pomimo, że uzyskano statystyczną istotność dla zmiennej objaśniającej rok to ze względu na niski współczynnik korelacji ze zmienną objaśnianą (zakres od 0,00 do 0,15) oraz niewielką różnicę w dokładności szacowania *SDR* przy braku jej uwzględnienia (średnio 0,03% - najmniejszą dla roku 2008 równą 0,0% i największą dla roku 2005 równą 0,16%) potwierdza się, że dla celów prognostycznych można korzystać z historycznych charakterystyk ruchu.

Tab. 4.30. Wyniki analizy statystycznej dla modelu regresji – wszystkie punkty pomiarowe, miesiące IX – X, dni tygodnia wtorek – czwartek

zmienna objaśniająca	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: <i>SDR</i> (2010-IX-X - wt-czw) R= ,99524923 R2= ,99052104 Skoryg. R2= ,99030560 F(15,660)=4597,9 p<0,0000					
	BETA	Błąd st.	β	Błąd st.	t(660)	poziom p
W. wolny			3240,27	323,3155	10,0220	0,000000
Q_d	0,969336	0,008943	0,85	0,0078	108,3913	0,000000
środa	-0,013506	0,004462	-234,51	77,4826	-3,0267	0,002569
czwartek	-0,037720	0,004473	-656,30	77,8219	-8,4334	0,000000
wrzesień	-0,009551	0,003797	-158,14	62,8714	-2,5153	0,012131
Pomorze	-0,036915	0,005803	-792,92	124,6414	-6,3616	0,000000
Warmia, Mazury, Podlasie	-0,077197	0,007436	-1996,04	192,2785	-10,3810	0,000000
Wielkopolska	-0,110524	0,006834	-2303,21	142,4133	-16,1727	0,000000
Mazowsze	-0,065401	0,008016	-1125,91	138,0016	-8,1587	0,000000
Śląsk	-0,045092	0,005338	-1936,98	229,3072	-8,4471	0,000000
oddziaływanie < 20km	0,035528	0,006547	680,48	125,3928	5,4268	0,000000
strefa podmiejska	-0,013234	0,004499	-348,09	118,3331	-2,9416	0,003379
poza oddziaływaniem	-0,014624	0,006738	-245,51	113,1102	-2,1705	0,030323
<i>SDR</i> >10000	-0,018983	0,006431	-397,89	134,7866	-2,9520	0,003270
1x2	-0,015679	0,007840	-335,71	167,8570	-2,0000	0,045915
ruch dalekobieżny	0,017104	0,005794	361,71	122,5434	2,9517	0,003272



Rys. 4.27. Analiza reszt dla modelu regresji – wszystkie punkty pomiarowe, miesiące IX – X, dni tygodnia wtorek - czwartek

Tab. 4.31. Porównanie dokładności szacowania SDR przy wykorzystaniu modelu regresji wielorakiej dla wszystkich punktów oraz wybranych w miesiącach I – XII oraz V – X – przekrój drogi

st. nr	MAPE = ((SDR-SDRsz)/SDR)*100 [%] - ogół pojazdów												Odchylenie Standardowe - ogół pojazdów												MAPE [%]				σ [-]			
	wszystkie punkty						profil SO1 / TO1 - TO3						wszystkie punkty						profil SO1 / TO1 - TO3						pojazdy ciężkie							
	pn - nd		wt - czw		IX-X		pn - nd		wt - czw		IX-X		pn - nd		wt - czw		IX-X		pn - nd		wt - czw		IX-X		V-X		IX-X					
1	6,5	4,9	5,3	5,5	3,6	4,5	4,5	3,0	2,8	3,9	2,5	2,3	6,0	4,8	3,6	5,6	4,4	2,5	6,2	4,2	3,3	5,6	4,0	2,2	4,1	4,6	4,4	6,0				
2	13,9	11,1	10,6	7,2	4,4	5,1							16,9	14,4	13,7	8,6	5,0	4,8							4,3	3,7	5,2	4,3				
4	5,6	4,3	4,6	5,9	3,1	4,8							5,0	5,0	4,1	4,4	2,3	1,3							4,0	3,7	4,5	4,2				
5	3,8	3,8	3,9	3,7	3,7	5,5							4,5	4,5	4,4	3,1	2,5	2,3							4,7	6,3	4,8	4,6				
6	10,9	11,2	6,8	0,0	10,7	7,0							12,8	14,7	6,0	10,0	11,6	2,3							5,9	4,0	7,4	3,9				
9	4,9	3,2	4,2	4,2	3,0	4,0							5,2	3,5	3,5	4,6	3,3	3,1							6,4	5,4	4,2	3,2				
10	17,3	9,2	10,7	14,6	4,0	3,3							19,8	11,4	11,9	17,3	4,8	3,8														
11	5,6	4,6	3,6	4,0	3,4	2,4							4,9	4,0	3,0	4,5	4,7	3,0							2,2	1,4	3,3	1,9				
12	8,6	6,3	6,8	4,6	3,0	2,7	8,0	7,5	6,6	3,6	2,1	1,5	9,0	7,8	8,7	5,7	3,6	2,4	9,7	9,1	7,9	4,9	2,7	2,0	4,0	4,7	4,9	3,3				
13	5,9	5,3	4,4	4,3	2,8	2,3	5,0	4,4	4,0	3,8	3,1	1,8	5,8	4,6	5,6	5,2	3,9	3,5	6,6	6,3	5,9	4,9	4,3	2,9	14,0	9,8	13,6	4,8				
14	8,2	5,0	5,1	7,0	4,3	5,1	5,6	3,1	2,3	4,4	2,7	1,8	8,0	5,9	4,5	6,8	4,8	3,0	6,8	3,9	3,0	5,8	3,2	2,4	5,4	6,2	4,1	4,6				
15	5,0	3,4	3,4	3,8	2,9	3,3	5,0	3,8	3,3	4,8	3,8	3,2	5,3	3,7	3,7	5,3	3,4	4,0	6,8	4,3	3,9	5,8	3,5	3,8	5,0	4,7	5,9	4,0				
16	8,0	8,9	5,8	4,2	3,3	2,1							9,8	10,2	6,7	4,8	2,6	1,5							9,9	9,6	4,7	4,8				
17	8,0	5,4	5,2	5,3	2,2	1,7	3,2	2,5	1,9	2,7	2,0	1,6	4,1	3,5	2,8	3,1	2,7	2,2	4,5	3,4	2,8	3,5	2,5	2,2	3,9	3,5	3,3	3,8				
23	7,2	5,0	4,3	5,5	3,4	3,8							8,6	6,0	4,1	6,5	3,9	2,3							6,8	4,0	5,4	2,5				
26	4,8	4,1	5,7	2,6	2,2	3,1							6,8	5,9	6,2	3,5	2,7	3,1							4,5	2,6	5,6	3,0				
27	12,6	9,5	7,7	8,2	4,2	3,2							6,4	5,8	6,0	5,3	3,3	3,4							5,4	1,9	6,5	2,2				
28	5,8	3,7	3,8	3,7	2,0	1,1							4,2	2,9	2,3	3,2	2,5	1,4							6,1	3,3	5,2	3,4				
29	5,6	4,6	3,8	3,5	2,8	3,0							4,6	3,7	4,4	4,4	3,6	3,9							7,6	5,2	8,0	6,4				
30	4,7	4,5	4,2	4,6	4,0	3,3	6,1	5,3	4,5	4,8	4,3	2,2	6,1	4,7	4,7	6,4	5,2	3,1	7,6	6,2	5,6	6,8	5,8	3,1	5,8	6,6	7,0	4,0				
31	7,6	6,9	6,4	3,9	3,1	3,1	7,7	7,3	5,6	3,8	3,1	1,9	7,7	7,8	7,7	4,8	3,7	2,2	8,7	9,3	7,0	4,6	3,8	2,3	9,5	7,6	5,2	5,2				
33	7,5	5,8	4,0	4,2	1,8	2,1	5,2	4,2	3,7	3,6	1,8	1,8	5,3	4,7	4,3	4,2	2,4	2,7	6,8	5,4	4,6	5,1	2,4	2,4	10,0	11,5	6,8	5,9				
34	13,1	7,6	10,3	14,5	9,1	11,9	8,5	4,4	4,5	5,7	3,3	4,0	12,0	8,1	7,7	9,5	5,7	5,6	10,6	5,6	5,3	7,4	4,0	4,5	13,8	13,5	4,2	4,5				
36	10,0	9,1	10,7	8,0	3,4	3,2							12,9	11,8	13,3	12,2	3,2	2,6							5,4	6,2	4,9	4,4				
37	7,5	5,6	5,2	7,3	5,3	5,6							8,1	6,7	6,2	6,0	3,9	3,0														
38	9,5	8,2	6,9	5,9	3,1	2,9							5,4	5,4	6,3	4,1	3,7	3,7							3,8	2,8	4,5	3,0				
40	10,3	8,3	6,7	5,4	3,1	2,8							8,7	7,5	7,1	4,8	3,7	3,5							7,3	8,6	8,2	9,8				
Śred	8,1	6,3	5,9	5,6	3,8	3,8	5,9	4,6	3,9	4,1	2,9	2,2	7,9	6,6	6,0	6,1	4,0	3,0	7,4	5,8	4,9	5,4	3,6	2,8	6,4	5,7	5,7	4,3				

4.6.3. Sztuczne sieci neuronowe

Do budowy modeli opartych na sztucznych sieciach neuronowych wykorzystano zmienne wejściowe wyselekcjonowane do modelu regresji wielorakiej (wielkość dobowego natężenia ruchu, udział pojazdów ciężkich, dzień tygodnia, miesiąc w roku, region Polski, powiązanie przestrzenne, poziom SDR, przekrój poprzeczny oraz charakter przenoszonego ruchu) przy czym wyboru ostatecznego, optymalnego zestawu dokonano automatycznie za pomocą algorytmu genetycznego (tab. 4.32 – puste pole dla ilorazu błędu oznacza pominięcie zmiennej). Poniżej w tab. 4.32 przedstawiono wyniki modelowania dla 3 najlepszych uzyskanych modeli (jednokierunkowa sieć wielowarstwowa MLP z jedną warstwą ukrytą), obejmujące: strukturę sieci (liczba zmiennych niezależnych na wejściu i wyjściu sieci oraz

liczebności neuronów w poszczególnych warstwach sieci), wartość ilorazu odchyień, korelacji, wartość *MAPE* oraz iloraz błędu uzyskany z analizy wrażliwości dla każdej zmiennej w modelu (ocena wpływu zmiennych niezależnych). Wysoka wartość korelacji oraz niska wartość ilorazu odchyień świadczą o dobrym dopasowaniu wszystkich wyznaczonych modeli. We wszystkich przypadkach największą wartość ilorazu błędu uzyskano dla zmiennej powiązanie przestrzenne lub przekrój poprzeczny oraz w dalszej kolejności Q_d i region Polski, co świadczy o ich największym wpływie na jakość zbudowanej sieci *SSN*. Ponadto także pozostałe zmienne (w zależności od okresu pomiaru) wykazują istotność, co świadczy o ich dobrym wyborze. W tab. 4.33 przedstawiono średnią wartość *MAPE* oraz σ dla najlepszego uzyskanego modelu (zaznaczony na czerwono w tab. 4.32). Jak widać uzyskano poprawę dokładności szacowania *SDR* na podstawie natężeń dobowych pochodzących z najkorzystniejszego okresu przeprowadzania pomiarów ruchu. W przypadku miesięcy V-X, IX-X (wszystkie dni tygodnia) uzyskano redukcję odpowiednio o (odniesienie do całego roku, wszystkich dni tygodnia): 14,8% i 29,4%. W przypadku roku, miesięcy V-X i IX-X dla dni wtorek - czwartek uzyskano redukcję odpowiednio o (odniesienie do całego roku, wszystkich dni tygodnia): 25,1%; 44,2%; 51,9%.

Tab. 4.32. Statystyki opisowe dla modeli sztucznych sieci neuronowych

okres analizy	typ i struktura sieci	iloraz odchyień	korelacja	MAPE [%]	iloraz błędu z analizy wrażliwości										
					N_{dobowe}	u_c	dzień	miesiąc	region Polski	pow. przestrz.	SDR > 10000	przekrój poprz.	charakter ruchu		
ogół pojazdów	I-XII	6:14-2-1:1	0,12	0,99	5,20	1,63				2,85	4,50	1,52	4,18	2,15	
		8:27-3-1:1	0,12	0,99	5,26	1,83	1,14		1,10	3,46	4,05	1,68	4,94	2,67	
		9:34-4-1:1	0,11	0,99	4,63	2,60	1,33	1,13	1,19	2,66	2,98	1,78	4,07	1,52	
	V-X	4:12-2-1:1	0,11	0,99	5,07	3,81				2,54	3,77		4,42		
		4:12-5-1:1	0,10	1,00	4,46	3,83				2,92	4,88		5,42		
		5:13-6-1:1	0,09	1,00	3,94	2,85				3,69	6,48		5,43	4,45	
	IX-X	4:12-5-1:1	0,10	0,99	4,75	3,52				3,03	5,52		5,75		
		5:13-4-1:1	0,09	1,00	4,13	3,46				3,17	5,21		5,31	1,67	
		8:22-4-1:1	0,08	1,00	3,27	4,86		1,24	1,00	3,02	5,58	1,16	5,47	1,33	
	I-XII - wt-czw	5:24-4-1:1	0,09	1,00	3,77	6,43			1,35	3,04	5,96		6,74		
		6:25-5-1:1	0,09	1,00	3,47	3,23			1,27	3,06	5,90	2,49	6,13		
	V-X - wt-czw	8:27-4-1:1	0,09	1,00	3,58	3,62	1,14		1,32	2,71	4,66	1,47	6,01	1,60	
		8:23-3-1:1	0,08	1,00	3,68	7,48	1,19	1,03	1,07	1,72	3,22	1,20	3,96		
		9:24-4-1:1	0,06	1,00	2,91	7,30	1,88	1,04	1,18	3,24	5,12	2,05	6,49	2,11	
	IX-X - wt-czw	8:23-6-1:1	0,06	1,00	2,58	6,54	2,22	1,02	1,24	5,97	7,03		7,35	4,51	
		9:19-7-1:1	0,06	1,00	2,78	10,34	2,59	1,09	1,04	2,57	2,28	1,25	3,75	1,50	
		7:15-5-1:1	0,05	1,00	2,23	6,49	4,85			5,44	7,15	1,67	8,44	3,93	
	pojazdy ciężkie	V-X - śr i pt	7:15-8-1:1	0,06	1,00	2,50	7,81	2,95			5,54	5,45	1,83	7,47	3,71
			4:9-5-1:1	0,10	1,00	4,05	8,56				2,08		1,49	1,32	
			4:9-4-1:1	0,10	1,00	4,20	9,43				1,77		1,31		1,03
		IX-X - śr i pt	6:14-4-1:1	0,09	1,00	4,38	9,35				3,08	2,75	1,76	1,59	1,25
			2:2-3-1:1	0,10	0,99	5,88	9,72							2,73	
			4:9-2-1:1	0,08	1,00	4,24	12,77				2,27		1,68	1,56	
			7:15-7-1:1	0,08	1,00	3,59	13,08		1,00		3,30	1,81	1,79	1,23	1,19

Tab. 4.33. Porównanie dokładności szacowania SDR przy wykorzystaniu modelu sieci neuronowych

st. nr	MAPE=((SDR-SDRsz)/SDR)*100[%]-ogół poj.						Odchylenie Standardowe - ogół poj.						MAPE [%]		σ [-]	
	pn - nd			wt - czw			pn - nd			wt - czw			śr i pt - pojazdy ciężkie			
	I - XII	V - X	IX-X	I - XII	V - X	IX-X	I - XII	V - X	IX-X	I - XII	V - X	IX-X	V-X	IX-X	V-X	IX-X
1	2,3	3,2	2,4	1,7	2,1	1,7	1,7	2,3	1,9	1,4	2,2	2,0	3,5	3,9	4,6	6,3
2	18,9	9,7	13,3	12,4	10,1	9,4	4,9	5,0	2,3	4,1	3,1	2,6	3,2	2,3	2,6	2,4
4	11,2	9,9	7,6	11,6	7,3	3,5	3,3	4,9	3,5	2,5	5,1	2,9	3,3	3,1	3,6	3,5
5	7,7	7,0	4,7	6,4	4,6	3,2	3,6	3,5	2,9	2,7	2,8	2,5	3,1	2,9	3,9	3,5
6	8,1	7,0	4,7	7,4	4,6	3,2	3,5	3,5	2,9	3,4	2,8	2,5	5,2	3,2	6,2	3,6
9	2,9	0,8	1,4	2,0	1,2	0,6	2,1	0,6	1,1	1,4	0,8	0,5	3,0	2,2	4,0	3,1
10	1,3	2,4	2,8	2,8	1,6	1,1	0,7	1,3	1,9	1,5	1,5	1,1				
11	1,7	0,5	1,4	2,1	1,3	0,4	2,2	0,5	1,1	1,8	1,4	0,3	3,2	2,2	4,3	2,7
12	4,0	1,8	4,4	1,0	1,8	1,5	2,8	1,0	1,9	0,8	1,2	1,0	6,7	6,4	3,3	2,6
13	2,4	0,6	1,2	2,9	1,8	0,8	1,9	0,5	1,2	2,2	1,9	0,8	5,4	2,6	6,8	3,5
14	6,4	5,8	1,8	2,4	3,2	1,1	2,7	3,1	1,3	1,0	1,8	0,9	3,9	3,1	3,4	4,0
15	6,7	4,9	3,9	3,6	2,1	2,1	3,7	3,9	2,8	4,1	1,9	1,8	7,9	4,3	9,4	5,4
16	2,6	3,3	2,9	1,0	1,3	1,6	3,6	3,1	2,5	0,9	1,0	1,4	8,6	10,3	3,0	2,5
17	1,8	3,9	1,6	1,6	1,6	1,6	1,4	3,3	1,5	1,3	1,2	1,2	3,8	1,9	4,5	2,5
23	1,2	0,4	1,6	0,9	0,6	0,8	0,9	0,1	0,4	0,5	0,4	0,4	2,4	3,5	3,2	4,0
26	2,1	0,3	1,0	0,7	0,8	0,5	1,4	0,1	0,9	0,3	0,6	0,3	3,7	1,6	4,5	2,0
27	2,8	3,4	2,4	2,7	2,2	3,1	2,3	0,1	1,0	1,1	0,9	2,0	6,0	1,5	7,1	1,6
28	1,2	1,3	1,7	2,5	1,5	1,0	1,2	1,2	1,6	2,1	1,3	0,7	2,8	2,1	2,9	2,2
29	5,7	4,8	4,0	3,7	2,2	2,8	3,3	3,8	3,0	2,9	1,7	1,5	5,3	3,0	4,1	3,8
31	9,9	4,8	4,4	3,4	2,3	2,4	4,1	4,0	3,7	3,0	2,0	1,5	3,8	1,9	3,7	2,1
33	2,1	1,0	1,6	1,2	1,5	1,3	1,8	1,1	1,4	1,1	1,2	1,1	3,2	3,7	3,9	5,1
34	1,9	10,5	1,7	2,0	2,1	1,5	1,6	3,0	1,2	1,3	1,6	1,5	1,9	5,8	1,7	3,6
37	3,4	2,9	2,3	2,2	1,6	2,0	1,8	2,3	1,5	1,5	1,5	1,3				
40	10,7	10,1	6,8	8,5	6,5	8,0	3,4	4,5	3,2	2,4	3,0	2,2	3,3	4,6	4,3	5,0
36	1,4	1,4	2,5	2,3	1,0	0,3	1,3	2,2	2,7	3,2	1,4	0,3	3,1	2,4	2,1	1,0
38	2,7	3,7	3,1	3,1	2,0	3,6	2,0	0,9	1,8	1,3	0,9	2,4	4,5	1,8	5,4	2,2
30	2,1	0,8	0,8	1,6	1,2	1,0	1,1	0,2	0,5	1,8	0,5	0,6	6,3	11,8	8,8	13,8
śred.	4,6	3,9	3,3	3,5	2,6	2,2	2,4	2,2	1,9	1,9	1,7	1,4	4,3	3,7	4,5	3,7

4.6.4. Porównanie modeli

We wszystkich zastosowanych modelach statystycznie istotne okazały się zmienne: Q_d (natężenie dobowe), przekrój poprzeczny drogi (w przypadku metody wskaźnikowej WA – klasa techniczna drogi), region Polski i powiązanie przestrzenne (poza metodą SSN w przypadku pojazdów ciężkich). Zmienne te mają także największy wpływ na zmienną objaśnianą (SDR). W przypadku modeli regresji wielorakiej statystycznie istotne są także zmienne:

- ogół pojazdów - charakter przenoszonego ruchu, dzień tygodnia i miesiąc w roku, natomiast pozostałe w zależności od okresu analizy (poziom SDR - dla całego roku wszystkie dni tygodnia oraz dla miesięcy V-X i IX-X dla dni od wtorku do czwartku; u_c - dla wszystkich przypadków poza miesiącami IX-X dla wszystkich dni tygodnia oraz dni od wtorku do czwartku). Statystycznie istotne są także zmienne: klasa techniczna drogi, obszar turystyczny, ruch międzynarodowy - jednakże ze względu na wysokie skorelowanie z innymi zmiennymi usunięto je z modeli (usunięto te zmienne, które powodują zmniejszenie dokładności modelu). Ponadto w przypadku analiz prowadzonych na ograniczonych danych (profil SOI , $TOI-TO3$) statystycznie istotne jest także oddziaływanie obiektów ruchotwórczych, - pojazdy ciężkie – miesiąc w roku, poziom SDR . W przypadku sztucznych sieci neuronowych dla najlepszego uzyskanego modelu na 6 przypadków (ogół pojazdów) statystycznie istotne okazały się odpowiednio zmienne: charakter przenoszonego ruchu 5 razy, poziom SDR i miesiąc w roku 4 razy, dzień tygodnia i u_c 3 razy. W przypadku pojazdów ciężkich dla najlepszego uzyskanego modelu na 2 przypadki statystycznie istotne okazały się odpowiednio

zmienne: wielkość SDR - 2 razy, dzień tygodnia, powiązanie przestrzenne i charakter przenoszonego ruchu - 1 raz. Ponadto w modelach SSN , w odróżnieniu od modeli regresyjnych zauważono większy wpływ zmiennych jakościowych na zmienną objaśnianą, przekraczający nawet wpływ Q_d . W przypadku metody wskaźnikowej WA istotnym czynnikiem jest dodatkowo obszar turystyczny oraz oddziaływanie obiektów ruchotwórczych w powiązaniu z kierunkiem ruchu. Wyniki te plus wysoka uzyskana dokładność modeli (tab. 4.34) wskazują na prawidłowe przypisanie wpływu wyróżnionych cech drogi i otoczenia na SDR . Pomimo, że najlepszą dokładność (cała baza danych) uzyskano dla modeli SSN w szczególności w odniesieniu do większego zakresu czasowego danych (cały rok, dni od wtorku do czwartku) jednakże ze względu na brak możliwości matematycznego zapisu zależności zachodzących w modelach oraz konieczności zastosowania odpowiednio licznej próby utrudnione jest stosowanie tej metody. W przypadku modeli regresji wielorakiej uzyskano wysoką dokładność szacowania SDR jedynie dla wyselekcjonowanych danych (w szczególności przy uwzględnieniu kierunków ruchu) co znacznie ogranicza jej zastosowanie. W praktyce można wykorzystać zidentyfikowane zależności do podziału sieci dróg na jednorodne grupy zmienności ruchu i z wystarczającą dokładnością szacować SDR przy wykorzystaniu metody wskaźnikowej WA (redukcja średniej wielkości $MAPE$ w stosunku do obecnie stosowanej metody WB w dniach wtorek – czwartek, miesiącach IX - X o 24%). Metoda ta ze względu na swoją prostotę i uniwersalność (umożliwia szacowanie wartości SDR dla dróg wyższych klas technicznych, jedno i dwu jezdniowych, o zróżnicowanym charakterze przenoszonego ruchu, w rozróżnieniu na kierunki ruchu oraz nie wymaga licznej próby) ma najmniejsze ograniczenia ze wszystkich zastosowanych metod i tym samym jest najbardziej użyteczna.

Tab. 4.34. Porównanie dokładności szacowania SDR_{sz} różnymi metodami oraz przy różnym zakresie informacji

Metoda	średnia MAPE [%]					
	pn - nd			wt-czw		
	I - XII	V - X	IX - X	I - XII	V - X	IX - X
wskaźnikowa - metoda A	6,5	5,1	4,6	5,8	4,2	3,8
wskaźnikowa - metoda B	7,3	6,5	6,0	6,2	4,9	5,0
regresja wieloraka - wszystkie punkty	8,1	6,3	5,9	5,6	3,8	3,8
regresja wieloraka - wybrane punkty	5,9	4,6	3,9	4,1	2,9	2,2
RW - wybrane punkty - kierunki ruchu	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
sztuczne sieci neuronowe	4,6	3,9	3,3	3,5	2,6	2,2

5. WPŁYW CHARAKTERYSTYK ZMIENNOŚCI NATĘŻENIA RUCHU NA JAKOŚĆ EKSPLOATACJI WYBRANYCH OBIEKTÓW DROGOWYCH

5.1. Analiza wrażliwości wybranych elementów sieci drogowej oraz jej otoczenia na zmiany cech natężenia ruchu

5.1.1. Odcinki drogowe

Obecnie wiedza na temat wrażliwości odcinków drogowych na zmianę natężenia ruchu sprowadza się do opisanej w literaturze podstawowej zależności pomiędzy natężeniem ruchu a: prędkością podróży i prędkością w ruchu swobodnym, procentem czasu jazdy w kolumnie oraz średnią prędkością samochodów osobowych i gęstością ruchu [16, 28, 35, 36]. Wpływ ten jest szczególnie widoczny w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych. Wzrost natężenia ruchu nawet przy niskich jego wartościach powoduje znaczące obniżenie średniej prędkości podróży oraz wzrost procentu czasu jazdy w kolumnie. W przypadku dróg wielopasowych i autostrad dopiero przy natężeniu ruchu przekraczającym wartość 1400 s.o./h/pas następuje obniżenie średniej prędkości jazdy samochodów osobowych. W pracach [31, 100] przeprowadzono ogólną analizę wpływu poszczególnych czynników determinujących przepustowość i warunki ruchu, ale nie w odniesieniu do natężeń ruchu. W celu uzupełnienia dotychczasowej wiedzy o zakres wrażliwości odcinków drogowych na zmianę cech natężenia ruchu (takich jak: profile zmienności natężenia ruchu, struktura kierunkowa i rodzajowa, populacja kierujących pojazdami) przeprowadzono analizy (w tym symulacyjne) w odniesieniu do: dróg dwupasowych, dróg wielopasowych i autostrad.

Ze względu na powszechne stosowanie, dostępność w krajowej literaturze, posiadane oprogramowanie *HCM 2000* oraz brak zasadniczych różnic w stosunku do nowego wydania (zbliżone zależności na których opiera się metodologia), analizy prowadzono głównie na bazie metody *HCM 2000*. Różnice w nowym wydaniu *HCM 2010*, dotyczą głównie [71] dobierania współczynników wyrażających różne wpływy (przedziały zostały zastąpione konkretnymi wartościami) oraz:

- w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych - ujednolicenia procedur tj. ograniczenie do jednej analizy kierunkowej (dobór współczynników wpływu ukształtowania terenu i struktury ruchu dla dróg o małych pochyleniach odbywa się podobnie jak w starszej metodzie), zmiany we wzorze na procent czasu jazdy w kolumnie (wprowadzenie stosunku natężenia na danym kierunku do natężenia w całym przekroju), wprowadzenia nowej grupy dróg, obejmującej drogi obsługujące średnio rozwinięte obszary i wprowadzenie dla nich nowego miernika poziomu

swobody ruchu, którym jest stosunek średniej prędkości podróży do prędkości w ruchu swobodnym,

- w przypadku dróg wielopasowych – zmiany przy doborze krzywej zależności „prędkość - natężenie ruchu”: przyjmuje się krzywą najbliższą, zamiast interpolowania pomiędzy sąsiednimi krzywymi jak w *HCM 2000*.

Spośród współczynników użytych w obliczeniach zmieniły się jedynie przedziały dla korekty prędkości w ruchu swobodnym ze względu na szerokość pasa ruchu. Ponadto w środowisku programowym *HCM 2010* nie ma możliwości prowadzenia analiz w systemie metrycznym co utrudnia porównania.

Punkt wyjścia analiz stanowią umowne, idealne warunki drogowo–ruchowe. Odstępstwa rzeczywistych parametrów drogi i ruchu od tych warunków uwzględniane są poprzez korekty na poszczególnych etapach procedur obliczeniowych.

W przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych, prowadzono w niniejszej pracy analizy przy wykorzystaniu procedury zwykłej dwukierunkowej (teren płaski i falisty) oraz specjalnej jednokierunkowej (odcinki o dużych pochyleniach). Analizy prowadzono dla wartości bazowych przy zmianie tylko badanego czynnika (cechy ruchu: struktura kierunkowa i rodzajowa, populacja kierujących pojazdami, profile zmienności natężenia ruchu; cechy drogi: szerokość pasów ruchu i poboczy, ograniczenie możliwości wyprzedzania, gęstość wjazdów, typ pasa dzielącego). Wzory obliczeniowe oraz wartości poszczególnych współczynników przeliczeniowych koniecznych do wykonania poniższych analiz dostępne są w opracowaniach [28, 35, 36].

Poniżej przedstawiono kolejne kroki prowadzonych analiz:

- badanie wpływu charakterystyk natężeń ruchu w różnych warunkach drogowych, w tym przy: ograniczeniach możliwości wyprzedzania, zmiennej szerokości pasów ruchu i szerokości poboczy na przepustowość i warunki ruchu na drodze,
- badanie wpływu charakterystyk natężeń ruchu w różnych warunkach drogowych (jak wyżej oraz dodatkowo gęstość wjazdów i typ pasa dzielącego) na warunki ruchu na drodze - analizy symulacyjne. Określenie dobowego natężenia krytycznego odpowiadającego *PSR C* i *D*,
- badanie wpływu zmienności natężeń ruchu w czasie (profile dobowe) na warunki ruchu na drodze.

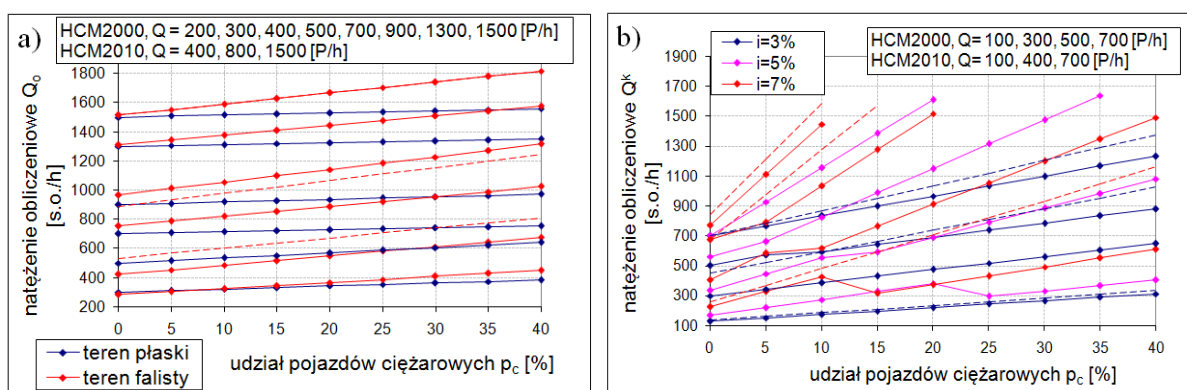
W pierwszej kolejności zbadano, w warunkach zmieniającego się natężenia ruchu, wpływ struktury rodzajowej skojarzony z charakterystyką ukształtowania wysokościowego drogi. Przy analizie dotyczącej pojazdów ciężarowych założono 0% pojazdów rekreacyjnych w potoku ruchu natomiast przy analizie wpływu pojazdów rekreacyjnych analogicznie założono brak pojazdów ciężarowych. Poniżej przedstawiono uzyskane wyniki analiz wpływu:

1. struktury rodzajowej i rodzaju terenu na natężenia obliczeniowe:

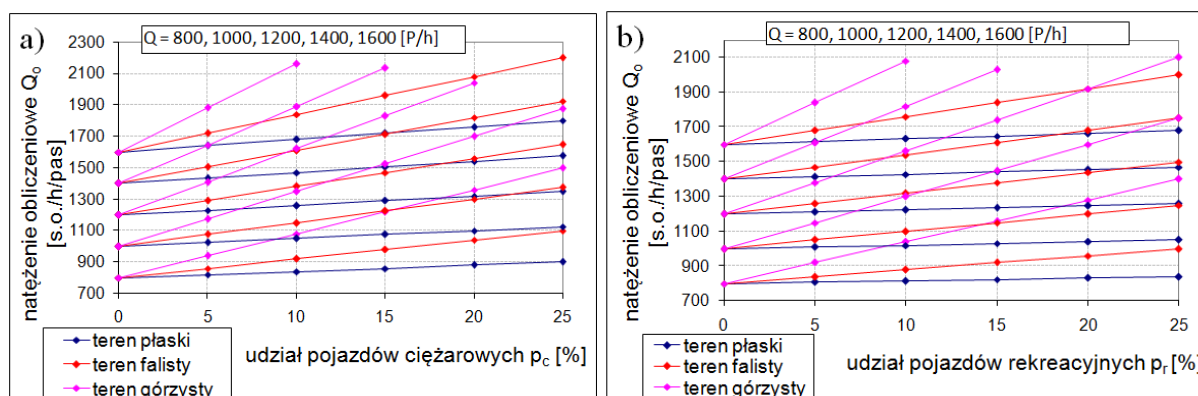
- drogi dwupasowe dwukierunkowe, pojazdy ciężarowe dla: terenu płaskiego i falistego rys. 5.1.a, dla odcinków o dużym pochyleniu rys. 5.1.b,
- drogi wielopasowe (2x2): dla pojazdów ciężarowych rys. 5.2.a, dla pojazdów rekreacyjnych rys. 5.2.b,

2. struktury rodzajowej i rodzaju terenu na natężenia krytyczne dla poszczególnych PSR (przyjęto prędkość w ruchu swobodnym $v_{sw} = 90$ km/h - drogi dwupasowe dwukierunkowe, $v_{sw} = 100$ km/h - drogi wielopasowe:

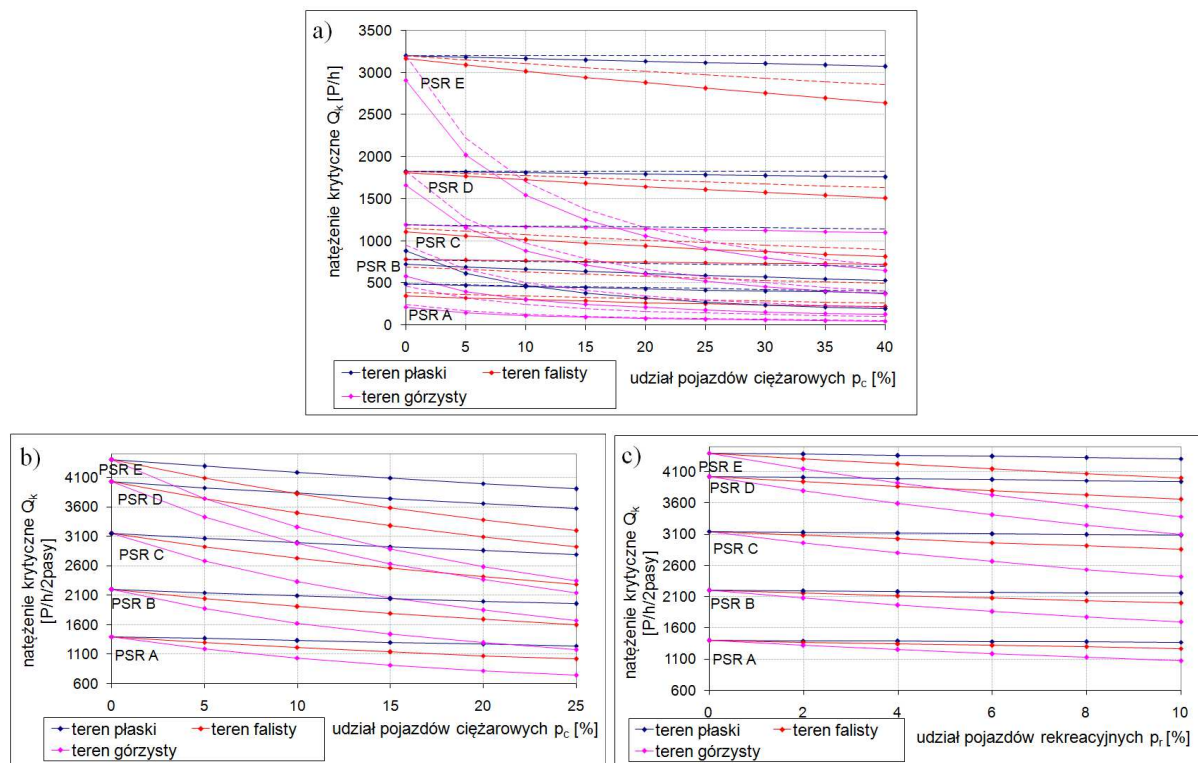
- drogi dwupasowe dwukierunkowe, pojazdy ciężarowe dla: terenu płaskiego, falistego i górzystego – pochylenie $i = 7\%$, rys. 5.3.a (natężenie krytyczne wyrażone w s.o./h wynosi w warunkach wyjściowych odpowiednio dla PSR A = 490, PSR B = 780, PSR C = 1190, PSR D = 1830 i PSR E = 3200).
- drogi wielopasowe (analizowany kierunek): dla pojazdów ciężarowych rys. 5.3.b, dla pojazdów rekreacyjnych rys. 5.3.c (natężenie krytyczne wyrażone w s.o./h/pas wynosi odpowiednio dla PSR A = 700, PSR B = 1100, PSR C = 1573, PSR D = 2013 i PSR E = 2200).



Rys. 5.1. Wielkość natężenia obliczeniowego w zależności od udziału pojazdów ciężarowych dla: a) terenu płaskiego i falistego, b) odcinków o dużym pochyleniu – drogi dwupasowe dwukierunkowe (wg HCM 2000 oraz przykład wg HCM 2010 – linia przerywana)



Rys. 5.2. Wielkość natężenia obliczeniowego w zależności od rodzaju terenu dla: a) pojazdów ciężarowych, b) pojazdów rekreacyjnych – drogi wielopasowe (HCM 2000 i 2010)



Rys. 5.3. Natężenie krytyczne dla poszczególnych PSR w zależności od rodzaju terenu oraz udziału pojazdów ciężarowych a) drogi dwupasowe dwukierunkowe, b) drogi wielopasowe i udziału pojazdów rekreacyjnych c) – drogi wielopasowe (HCM 2000 i 2010 – w przypadku różnych wielkości do HCM2010 odnosi się linia przerywana)

W odniesieniu do pojazdów rekreacyjnych z przeprowadzonych analiz wynika że:

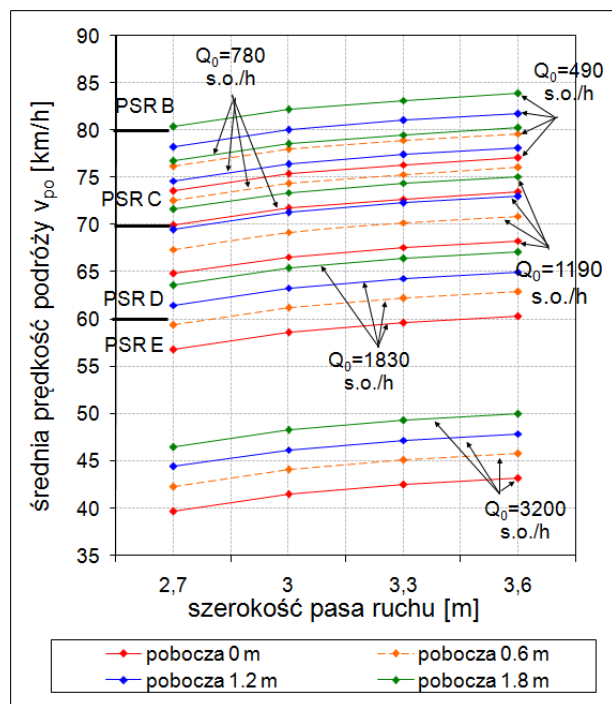
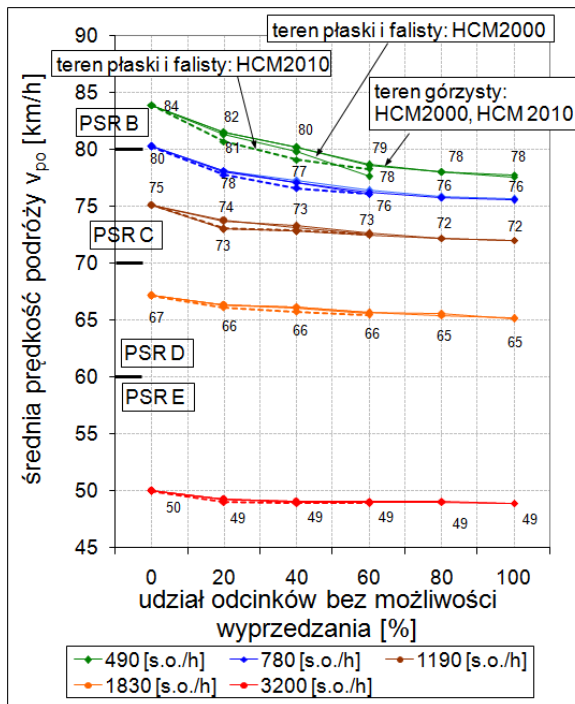
- w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych: w terenie płaskim, ich udział nie zmniejsza wartości współczynnika $f_c \times f_s$, w terenie falistym wpływ ten jest znaczny przy czym, w zakresie natężeń w przekroju $Q = 0 \div 1200$ s.o./h charakteryzuje się stałym poziomem niezależnie od udziału pojazdów rekreacyjnych. Ponadto, w przypadku terenu falistego (pojazdy ciężarowe i rekreacyjne) oraz górzystego w zakresie natężeń $Q^k = 0 \div 600$ s.o./h (pojazdy ciężarowe), bardzo istotny jest wpływ rodzaju terenu na ruch ogółu pojazdów wyrażony przez współczynnik f_s ,
- w przypadku dróg wielopasowych: w terenie płaskim, ich udział w nieznaczny sposób wpływa na obniżenie wartości współczynnika f_c , w terenie falistym wraz ze wzrostem udziału pojazdów rekreacyjnych następuje spadek współczynnika f_c .

Ze względu na znikomy wpływ pojazdów rekreacyjnych w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych, w dalszych analizach pominięto je. Na rysunku 5.1 i 5.2 przedstawiono wpływ na natężenie obliczeniowe udziału pojazdów ciężarowych i jego natężenia oraz rodzaju terenu. We wszystkich przypadkach, z uwagi na możliwości dynamiczne pojazdów, znaczne pochylenia wpływają na wzrost natężenia obliczeniowego. Szczególnie wpływ ten jest widoczny na drogach dwupasowych dwukierunkowych, gdzie przy wzroście udziału pojazdów ciężarowych o 10% następuje wzrost natężenia obliczeniowego średnio o 23% dla 3% pochylenia drogi i o 36% dla 7% pochylenia drogi

(zakres natężeń 0 - 300 s.o./h). Na rysunku 5.3 przedstawiono w odniesieniu do dróg dwupasowych dwukierunkowych i wielopasowych wpływ na natężenie krytyczne udziału pojazdów ciężkich i jego natężenia oraz rodzaju terenu (Q_k^{A-E} zostało wyznaczone poprzez korektę natężenia krytycznego określonego dla warunków wyjściowych). Analogicznie jak w przypadku natężenia obliczeniowego, wraz ze wzrostem natężenia ruchu zmieniają się *PSR* i natężenie krytyczne. Dla dróg dwupasowych dwukierunkowych przy wzroście udziału pojazdów ciężarowych z 0 do 40% następuje spadek przepustowości (Q_k^E) odpowiednio o: teren płaski 125 P/h, teren falisty 530 P/h, teren górzysty 2268 (*HCM 2000*). W przypadku dróg wielopasowych przy wzroście udziału pojazdów ciężarowych z 0 do 25% następuje spadek przepustowości (Q_k^E) odpowiednio dla dwupasowego kierunku o: teren płaski – 490 P/h, teren falisty – 1200 P/h, teren górzysty – 2050 P/h. Przy wzroście udziału pojazdów rekreacyjnych z 0 do 10% następuje spadek przepustowości (na kierunku) odpowiednio o: teren płaski - 90 P/h, teren falisty – 400 P/h, teren górzysty – 1020 P/h).

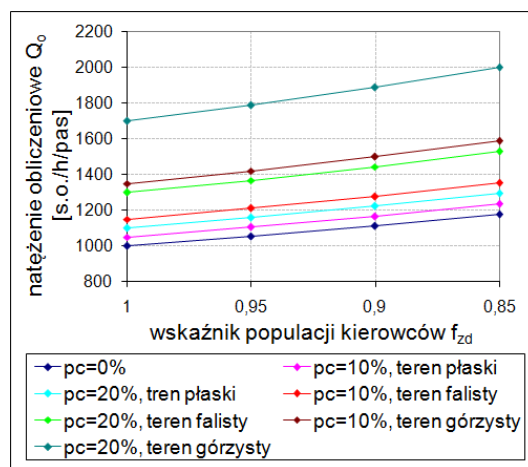
W kolejnym etapie analiz zbadano wpływ na warunki ruchu zmian natężeń ruchu w różnych warunkach drogowych, w tym:

1. przy ograniczeniach możliwości wyprzedzania – analizę przeprowadzono w oparciu o zmiany średniej prędkości podróży. Jako średnią prędkość w ruchu swobodnym przyjęto $v_{sw} = 90$ km/h (natężenia ruchu w [s.o./h] przyjęto tak aby odpowiadały one krytycznym natężeniom ruchu dla wszystkich *PSR* w warunkach bazowych). Jak wynika z przeprowadzonych analiz wpływ udziału odcinków bez możliwości wyprzedzania jest stosunkowo mały (rys. 5.4). Korekta średniej prędkości podróży wynosi od 1 km/h na *PSR D* do 6 km/h na *PSR A* (przy zmianie udziału odcinków bez możliwości wyprzedzania z 0 do 60 %). Przy niskiej wartości prędkości (ok. 50 km/h) wpływ udziału odcinków bez możliwości wyprzedzania praktycznie zanika. Jednocześnie zaobserwowano istotny wpływ zmian natężenia ruchu (przy natężeniu równym 490 P/h korekta v_{po} z uwagi na natężenie wynosi 6 km/h, a przy natężeniu równym 3200 s.o./h aż 40 km/h przy braku odcinków bez możliwości wyprzedzania),
2. przy zmiennej szerokości pasów ruchu i szerokości poboczy. Z przeprowadzonych analiz wynika, że zmniejszenie wymiarów pasa ruchu i poboczy w znaczący sposób wpływa na pogorszenie warunków ruchu (rys. 5.5). Niezależnie od natężenia i prędkości w ruchu swobodnym wpływ ten utrzymuje się na stałym poziomie,
3. przy zmiennym poziomie znajomości drogi przez kierujących pojazdami (rys. 5.6). Spadek wskaźnika f_{zd} z wartości 1 do 0,85, wyrażającej znaczny udział kierowców nie znających drogi, powoduje wzrost natężenia obliczeniowego o około 18%.



Rys. 5.4. Wpływ wielkości natężenia ruchu i udziału odcinków bez możliwości wyprzedzania na v_{po} ($v_{sw} = 90$ km/h) – drogi dwupasowe dwukierunkowe (HCM 2000 i 2010)
opracowanie własne na podstawie [100]

Rys. 5.5. Wpływ wielkości natężenia ruchu, szerokości pasów ruchu i szerokości pobocza na v_{po} ($v_{sw} = 90$ km/h) - drogi dwupasowe dwukierunkowe (HCM 2000 i 2010)
opracowanie własne na podstawie [100]



Rys. 5.6. Wpływ struktury rodzajowej i znajomości drogi (wskaźnik f_{zd}) na natężenie obliczeniowe – drogi wielopasowe (HCM 2000 i 2010)

Na podstawie przeprowadzonych analiz można wnioskować, że najistotniejszymi czynnikami determinującymi przepustowość i warunki ruchu w odniesieniu do zmienności wielkości natężenia ruchu są: udział pojazdów ciężarowych, udział odcinków bez możliwości wyprzedzania (tylko przy wyższych PSR A – C), szerokość pasa ruchu i odległość przeszkód bocznych oraz znajomość drogi przez kierujących pojazdami.

W celu określenia wpływu na warunki ruchu tych determinant (oraz dodatkowo rozkładu kierunkowego, gęstości wjazdów oraz typu pasa dzielącego) w połączeniu ze zmianą natężenia ruchu przeprowadzono analizy symulacyjne (HCS 2000). Badania prowadzono na

reprezentatywnych odcinkach drogowych (wartości parametrów przyjęto w sposób szacunkowy, tak aby odzwierciedlały one warunki geometryczno-ruchowe na analizowanej drodze) o następującej charakterystyce:

1. droga dwupasowa dwukierunkowa (DDD):

- prędkość w ruchu swobodnym $v_{sw} = 90 \text{ km/h}$ (na podstawie rozkładów prędkości potoku ogółu pojazdów ze stacji *Golden River*),
- szerokość pasa ruchu $b = 3,5 \text{ m}$, (w przypadku gdy traktowana jest jako zmienna przyjmuje wartości: 2,7; 3,0; 3,3 i 3,6 m),
- szerokość pobocza $p = 1,5 \text{ m}$ (w przypadku gdy traktowana jest jako zmienna przyjmuje wartości: 0,0; 0,5; 1,0 i 1,5 m przy szerokości pasa ruchu równej 3,0 m),
- długość odcinka: 1600 m (teren płaski – pochylenie $i = 1,0\%$, teren falisty - pochylenie $i = 2,9\%$, teren górzysty - pochylenie $i = \pm 4,5\%$),
- liczba wjazdów na 1 km – 6 (w przypadku gdy traktowana jest jako zmienna przyjmuje wartości: 0, 6, 12, 18 i 24),
- % udział odcinków bez możliwości wyprzedzania: w terenie płaskim 10%, w terenie falistym 30%, w terenie górzystym 60 % (w przypadku gdy traktowany jest jako zmienna przyjmuje wartości: w terenie płaskim 0, 10, 20 i 30%, w terenie falistym 0, 20, 30, 40 i 50%, w terenie górzystym 0, 50, 60, 70, 80, 90 i 100%),
- rozkład kierunkowy 50/50 (w przypadku gdy traktowany jest jako zmienna przyjmuje wartości: 80/20, 65/35 i 50/50),
- współczynnik nierównomierności ruchu $k_{15} = 0,94$,
- struktura rodzajowa – 2% pojazdów rekreacyjnych, 15% samochodów ciężarowych (w przypadku gdy udział samochodów ciężarowych traktowany jest jako zmienna przyjmuje wartości: 10, 20 i 30%).

2. droga wielopasowa:

- prędkość w ruchu swobodnym $v_{sw} = 100 \text{ km/h}$,
- szerokość pasa ruchu $b = 3,5 \text{ m}$,
- szerokość wolnych od przeszkód poboczy $p > 1,8 \text{ m}$,
- gęstość wjazdów na 1 km – 6 (w przypadku gdy traktowana jest jako zmienna przyjmuje wartości: 0, 6, 12, 18 i 24),
- współczynnik nierównomierności ruchu $k_{15} = 0,92$,
- współczynnik wpływu populacji kierujących pojazdami $f_{zd} = 0,90$ (w przypadku gdy traktowany jest jako zmienna przyjmuje wartości: 0,85; 0,90; 0,95 i 1,00),
- struktura rodzajowa – 5% pojazdów rekreacyjnych, 15% samochodów ciężarowych (w przypadku gdy udział samochodów ciężarowych traktowany jest jako zmienna przyjmuje wartości: 5, 15 i 25%),
- liczba pasów ruchu w analizowanym kierunku $n = 2$,
- jezdnia z pasem dzielącym.

3. Odcinek autostrady:

- prędkość w ruchu swobodnym $v_{sw} = 120$ km/h,
- szerokość pasa ruchu $b = 3,75$ m,
- szerokość wolnych od przeszkód poboczy $p > 1,8$ m,
- gęstość węzłów na 1 km – 0,5 (w przypadku gdy traktowana jest jako zmienna przyjmuje wartości: 0,3; 0,5; 0,7 i 0,9),
- współczynnik nierównomierności ruchu $k_{15} = 0,92$,
- współczynnik wpływu populacji kierujących pojazdami $f_{zd} = 0,95$ (w przypadku gdy traktowany jest jako zmienna przyjmuje wartości: 0,85; 0,90; 0,95 i 1,00),
- struktura rodzajowa – 5% pojazdów rekreacyjnych, 25% samochodów ciężarowych (w przypadku gdy udział samochodów ciężarowych traktowany jest jako zmienna przyjmuje wartości: 5, 15 i 25%),
- liczba pasów ruchu w analizowanym kierunku $n = 2$.

Poniżej w tabelach 5.1 – 5.6 przedstawiono wyniki analiz na przykładzie dróg dwupasowych dwukierunkowych (pozostałe wyniki zamieszczono w załączniku). Wartości liczbowe oznaczają natężenie krytyczne dla danego poziomu swobody ruchu i kierunku ruchu.

Tab. 5.1. Wpływ natężenia i udziału pojazdów ciężarowych na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym drogi dwupasowe dwukierunkowe

Tab. 5.2. Wpływ natężenia i rozkładu kierunkowego na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym – i górzystym - DDD

Q [P/h]	udział pojazdów ciężarowych p _c [%]									struktura kierunkowa								
	teren płaski			teren falisty			teren górzysty (+/-) i=4,5%			teren płaski			teren falisty			teren górzysty (+/-) i=4,5%		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	50/50	65/35	80/20	50/50	65/35	80/20	50/50	65/35	80/20
200	C	C	C	C	C	C	386/ 388	302/ 386	254/ 362	C	C	C	C	C	C	332/ 388	366/ 369	327/ 321
400	C	C	C	C	C	587	524/ 522	524/ 518	524/ 514	C	C	C	C	C	C	524/ 520	558/ 563	597/ 591
600	C	C	C	684	631	D	E	E	E	C	C	C	656	656	656	E	E/E	E/E
800	905	888	871	D	D	D	E	E	948	896	896	896	D	D	D	E	E/E	913/E
1000	D	D	D	D	D	D	E	E	F	D	D	D	D	D	D	E	1124/ E	F/ 1015
1200	D	D	D	D	D	D	E	1238		D	D	D	D	D	D	E	F/E	F
1400	D	D	D	1541	1501	1436	E	F		D	D	D	1536	1525	1491	1462	F/E	
1600	1655	1655	1655	E	E	E	1784			1655	1652	1635	E	E	E	F	F/E	
1800	E	E	E	E	E	E	F			E	E	1967	E	E	1835		F/E	
2000	E	E	E	E	E	E				E	E	F	E	E	F		F/ 2090	
2200	E	E	E	E	E	E				E	E		E	2259				
2400	E	E	E	E	E	2584				E	2421		E	F				
2600	E	E	E	E	2701	F			legenda	E	F		2764					legenda
2800	2977	2948	2919	2830	F				PSR C PSR D PSR E PSR F	2963			F					PSR C PSR D PSR E PSR F
3000	F	F	F	F						F								

Tab. 5.3. Wpływ natężenia i % udziału odcinków bez możliwości wyprzedzania na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi dwupasowe dwukierunkowe

Q [P/h]	udział odcinków bez możliwości wyprzedzania [%]															
	teren płaski				teren falisty					teren górzysty (+/-) i=4,5%						
	0	10	20	30	0	20	30	40	50	0	50	60	70	80	90	100
200	217	C	C	C	C	C	C	C	C	C	374/C	332/388	320/376	308/354	304/302	254/252
400	C	C	C	C	C	C	C	C	587	498	D/412	524/520	494/492	470	436	406/408
600	C	C	C	779	C	688	656	623	D	D	D	E	E	E	E	E
800	963	896	817	D	811	D	D	D	D	D	820/816	E	E	E	E	E
1000	D	D	D	D	D	D	D	D	D	1026/1054	E	E	E	E	E	E
1200	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E	E	E	E
1400	D	D	1583	1541	D	1547	1536	1496	1467	1462	1462	1462	1462	1462	1462	1462
1600	1718	1655	E	E	1603	E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	F
1800	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E						
2000	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E						
2200	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E						
2400	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E						
2600	E	E	E	E	2764	2764	2764	2764	2764							
2800	2963	2963	2963	2963	F	F	F	F	F							
3000	F	F	F	F												

Tab. 5.4. Wpływ natężenia i liczby wjazdów na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi dwupasowe dwukierunkowe

Q [P/h]	liczba wjazdów na 1 km															
	teren płaski					teren falisty					teren górzysty (+/-) i=4,5%					
	0	6	12	18	24	0	6	12	18	24	0	6	12	18	24	
200	400	C	C	282	D	C	C	253	D	D	388/390	332/388	226/D	D	288/346	
400	C	C	582	D	D	C	C	D	D	503	536/528	524/520	516/512	496/504	E	
600	C	C	D	D	737	759	656	D	D	E	E	E	E	E	E	
800	C	896	D	D	E	D	D	D	810	E	E	E	E	E	E	
1000	1014	D	D	1058	E	D	D	D	E	E	E	E	E	E	E	
1200	D	D	1388	E	E	D	D	1248	E	E	E	E	E	E	E	
1400	D	D	E	E	E	1541	1536	E	E	E	1462	1462	1462	1462	1462	
1600	1655	1655	E	E	E	E	E	E	E	E	F	F	F	F	F	
1800	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E						
2000	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E						
2200	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E						
2400	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E						
2600	E	E	E	E	E	2764	2764	2764	2764	2764						
2800	2963	2963	2963	2963	2963	F	F	F	F	F						
3000	F	F	F	F	F											

Tab. 5.5. Wpływ natężenia i szerokości pasa ruchu na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi dwupasowe dwukierunkowe

Q [P/h]	szerokość pasa ruchu b [m]												
	teren płaski				teren falisty				teren górzysty (+/-) i=4,5%				
	3,6	3,3	3,0	2,7	3,6	3,3	3,0	2,7	3,6	3,3	3,0	2,7	
200	215	C	C	C	C	C	C	C	360/388	332/388	304/386	258/274	
400	C	C	C	C	C	C	C	580	443	526/520	524/520	522/518	518/514
600	C	C	C	C	675	710	656	D	D	E	E	E	E
800	953	896	817	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E
1000	D	D	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E
1200	D	D	D	D	D	D	D	D	1332	E	E	E	E
1400	D	D	D	1477	1540	1563	1463			1462	1462	1462	1462
1600	1655	1655	1613	E	E	E	E	E	E	F	F	F	F
1800	E	E	E	E	E	E	E	E	E				
2000	E	E	E	E	E	E	E	E	E				
2200	E	E	E	E	E	E	E	E	E				
2400	E	E	E	E	E	E	E	E	E				
2600	E	E	E	E	2764	2764	2764	2764					
2800	2963	2963	2963	2963	F	F	F	F					
3000	F	F	F	F									

Tab. 5.6. Wpływ natężenia i szerokoŹci poboczy na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – drogi dwupasowe dwukierunkowe

Q [P/h]	szerokoŹć pobocz p [m]											
	teren płaski				teren falisty				teren górzysty (+/-)			
	1,5	1,0	0,5	0,0	1,5	1,0	0,5	0,0	1,5	1,0	0,5	0,0
200	C	C	C	C	C	298	D	D	304/386	250	D	D
400	C	C	421	421	580	D	D	D	522/518	518/512	512/508	512/508
600	C	652	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E
800	817	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E
1000	D	D	D	D	D	D	1109	1109	E	E	E	E
1200	D	D	1259	1259	D	1312	E	E	E	E	E	E
1400	D	1455	E	E	1463	E	E	E	1462	1462	1462	1462
1600	1613	E	E	E	E	E	E	E	F	F	F	F
1800	E	E	E	E	E	E	E	E				
2000	E	E	E	E	E	E	E	E				
2200	E	E	E	E	E	E	E	E				legenda
2400	E	E	E	E	E	E	E	E				PSR B
2600	E	E	E	E	E	E	E	E				PSR C
2800	2963	2963	2963	2963	2764	2764	2764	2764				PSR D
3000	F	F	F	F	F	F	F	F				PSR E
												PSR F

Z przeprowadzonych analiz można wyciągnąć następujące wnioski:

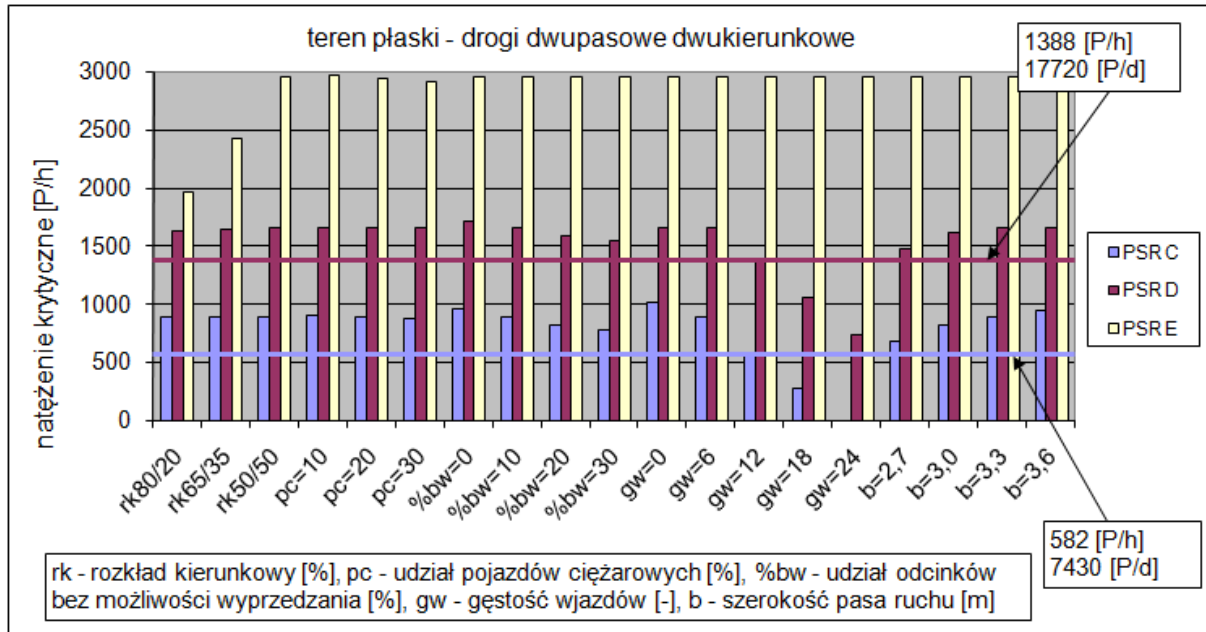
- w miarę wzrostu udziału pojazdów ciężarowych obniża się przepustowoŹć odcinka (największy spadek przepustowoŹci uzyskano we wszystkich przypadkach dla terenu górzystego wynoszący: drogi dwupasowe dwukierunkowe przy wzroŹcie p_c z 10 do 30% - 836 P/h, drogi wielopasowe i autostrady przy wzroŹcie p_c z 5 do 25% odpowiednio – 917 P/h i 1090 P/h) oraz wartoŹć natężeń krytycznych, zwiászcz w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych (przy wzroŹcie p_c z 10 do 30%, spadek natężenia krytycznego na PSR C wynosi okoŹo 4% w terenie płaskim, 14% falistym, w terenie górzystym 34% przy $i = +4,5\%$ oraz 7% przy $i = -4,5\%$) – tab. 5.1. W przypadku dróg wielopasowych i autostrad odnotowano przy wzroŹcie p_c z 5 do 25%, spadek natężeń krytycznych na wszystkich PSR (w nawiasach podano wartoŹć dla wzrostu p_c z 5 do 15 i 15 do 20%) o okoŹo: 9% (4,6 i 4,4%) dla terenu płaskiego, 21% (11,8 i 10,5%) falistego i 35% (20,9 i 17,3%) górzystego,
- w miarę zmniejszania dysproporcji kierunkowej ruchu następuje wzrost przepustowoŹci (tab. 5.2). W zakresie PSR C i D w terenie płaskim i falistym, zmiany rozkładu kierunkowego mają niewielki wpływ na warunki ruchu (decydująca rola parametru v_{po}). W terenie górzystym w zakresie PSR D, przy zmianie rozkładu kierunkowego z 80/20 do 50/50 następuje spadek natężenia krytycznego o okoŹo 12% (ten zaskakujący wynik spowodowany jest tym, że w analizowanym zakresie natężeń ruchu decydującą rolę odgrywa natężenie ruchu na kierunku przeciwnym - im ono mniejsze tym lepsze warunki ruchu),
- udział odcinków bez moŹliwości wyprzedzania nie wpływa na przepustowoŹć odcinka jednak wpływa w istotny sposób na warunki ruchu (przy wzroŹcie udziału odcinków bez moŹliwości wyprzedzania: teren płaski z 0 na 30%, teren falisty z 0 na 50%, teren górzysty z 0 na 100% - następuje spadek natężenia krytycznego odpowiednio o: PSR C - okoŹo 19%, 28%, 49%; PSR D - okoŹo 10%, 9%, 61%) – tab. 5.3,

- gęstość wjazdów w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych nie wpływa na przepustowość odcinka (decydująca rola parametru u_k) jednak wpływa w istotny sposób na warunki ruchu (przy wzroście liczby wjazdów z 0 na 24, spadek natężenia krytycznego na *PSR D* wynosi około 55% w terenie płaskim, 67% falistym, w terenie górzystym 46% przy $i = +4,5\%$ oraz 35% przy $i = -4,5\%$) – tab. 5.4. W przypadku dróg wielopasowych i autostrad wraz ze wzrostem gęstości wjazdów/węzłów obniża się przepustowość oraz wartości natężeń krytycznych. Wpływ ten jest silniejszy w przypadku dróg wielopasowych - przy wzroście liczby wjazdów z 0 na 24 następuje spadek natężenia krytycznego o około: *PSR C* - 15%, *PSR D* - 12%, *PSR E* - 9% (przykładowo spadek przepustowości w terenie płaskim wynosi 296 P/h),
- szerokość pasa ruchu oraz poboczy nie wpływa na przepustowość odcinka (decydująca rola parametru u_k) lecz wpływa w istotny sposób na warunki ruchu, szczególnie w terenie płaskim i falistym (przy zmianie szerokości pasa z 3,6 m na 2,7 m - spadek natężenia krytycznego odpowiednio o: *PSR C* - około 29% i 38%; *PSR D* - około 11% i 14%; przy zmianie szerokości pobocza z 1,5 m na 0 m – spadek natężenia krytycznego na *PSR D* średnio o 23%) – tab. 5.5 i 5.6.
- w miarę wzrostu udziału kierujących pojazdami z dobrą znajomością drogi następuje wzrost przepustowości odcinka oraz poprawa warunków ruchu. Przy zmianie współczynnika f_{zd} z 0,85 na 1,0 (na wszystkich *PSR*) następuje wzrost natężeń krytycznych o około 18% (pośrednio przy wzroście f_{zd} z 0,85 do 1,00 co 0,05 odpowiednio o 5,9; 5,5 i 5,3%).

Na rys. 5.7 przedstawiono na przykładzie drogi dwupasowej dwukierunkowej, graficzną ilustrację uzyskanych wyników natomiast w tab. 5.7 ranking ważności poszczególnych wpływów. Zastosowany ranking uwzględnia zarówno samą wartość natężenia krytycznego (1 – odpowiada parametrowi dla którego uzyskano najmniejsze natężenie krytyczne a 5 największe) jak i jej rozrzut w obrębie jednego parametru (a – odpowiada parametrowi dla którego uzyskano największą różnicę pomiędzy najmniejszym i największym natężeniem krytycznym natomiast d najmniejszą). W obu wariantach x - oznacza brak wpływu.

Przy założeniu udziału godziny szczytu w natężeniu dobowym dla przypadku o największej zmienności w ciągu doby tj. profilu zmienności dobowej DO_{w-c4} na poziomie 7,835% (w przypadku autostrad DO_{w-c3} - 5,805%) określono dobowe natężenia krytyczne dla odcinka reprezentatywnego oraz dla najniekorzystniejszych warunków drogowo-ruchowych, odpowiadające *PSR C* i *D* (tab. 5.8). Natężenia krytyczne „wartość min.” wyznaczono na podstawie najmniejszych uzyskanych wartości natężeń godzinowych (z uwzględnieniem uwagi pod rys. 5.7.) dla następujących cech drogi i ruchu (podano jedynie wartości różniące się od wartości określonych wcześniej dla odcinków reprezentatywnych):

- drogi dwupasowe dwukierunkowe: teren płaski, falisty, górzysty $i = +4,5\%$ PSR C - gęstość wjazdów na 1 km (g_w) równa 12, pozostałe przypadki - procent odcinków bez możliwości wyprzedzania = 100 %,
- drogi wielopasowe: teren płaski i falisty PSR C - $g_w = 24$, teren falisty PSR D i górzysty $p_c = 25\%$,
- autostrady: $f_{zd} = 0,85$.



Rys. 5.7. Wpływ charakterystyk natężeń ruchu, w różnych warunkach drogowych, na PSR na drodze w terenie płaskim – drogi dwupasowe dwukierunkowe (profil zmienności dobowej DO_{w-c4})

Uwaga: Ze względu na duży rozrzut wartości natężeń krytycznych, linie poziome na wykresie określono jako najmniejsze uzyskane wartości przy czym pominięto skrajnie niekorzystny parametr czyli gęstość wjazdów równą 18 i 24 (wzrost wartości odchylenia standardowego na PSR D z około 40 na 245 przy uwzględnieniu $g_w = 18$ i 24). Ponadto wzrost gęstości wjazdów z 0 na 18% powoduje spadek natężenia krytycznego o ponad 70% i 55% odpowiednio dla PSR C i D.

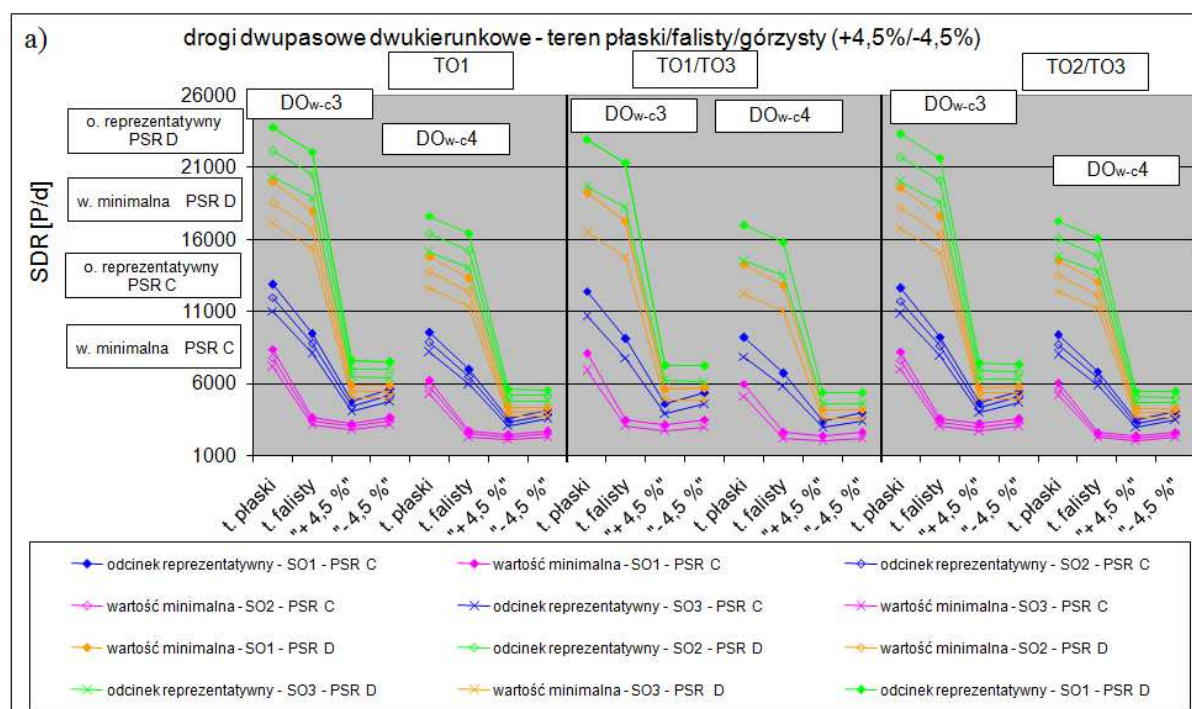
Tab. 5.7 Ranking ważności wpływów (oznaczenia poszczególnych wpływów jak na rys. 5.7 oraz dodatkowo pk – populacja kierowców, pd – pas dzielący)

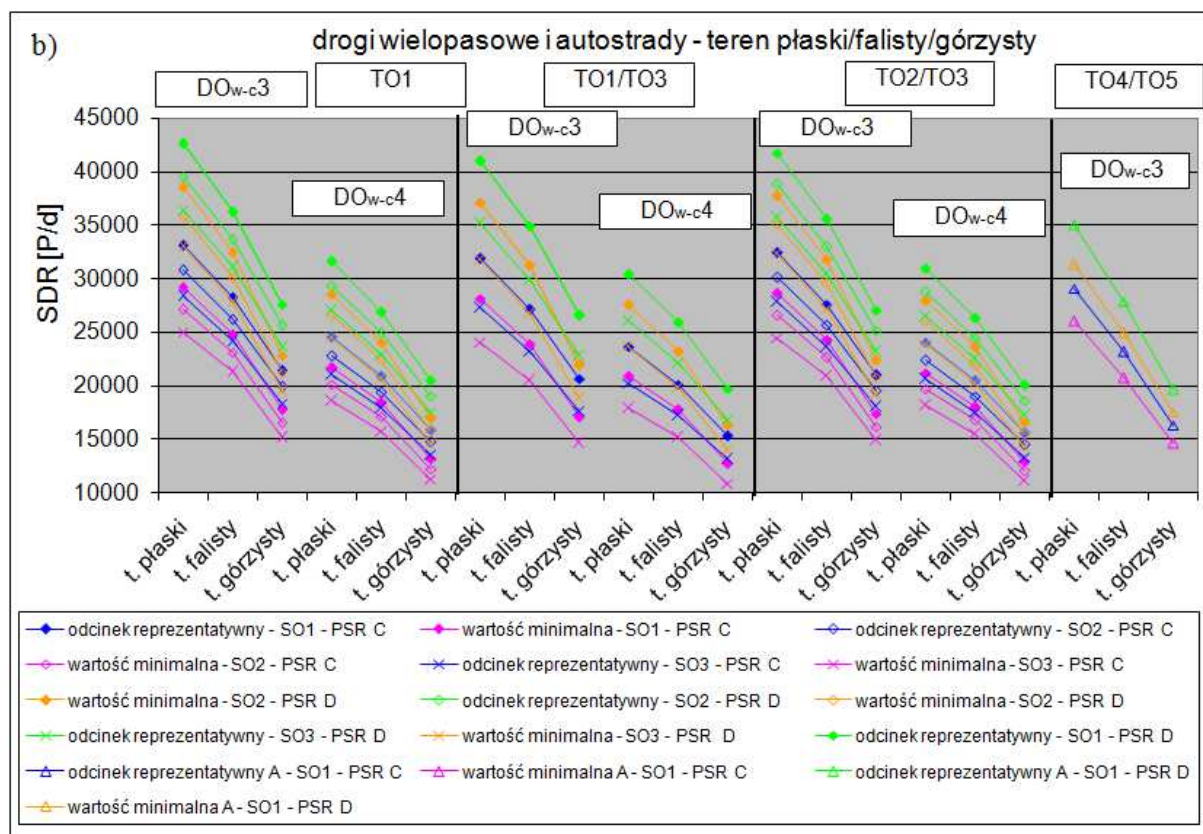
		drogi dwupasowe dwukierunkowe					drogi wielopasowe					autostrady																	
		rk [-]	p_c [%]	% bw	g_w [-]	b [m]	p_c [%]	g_w [-]	pk [-]	pd [-]	b [-]	p_c [%]	g_w [-]	pk [-]															
teren płaski	PSR C	x	x	4	d	3	c	1	a	2	b	PSR C	3	c	1	b	2	a	4	d	5	e	3	b	2	c	1	a	
	PSR D	4	d	x	x	2	c	1	a	3	b	PSR D	3	c	1	b	2	a	4	d	5	e	3	b	2	c	1	a	
	PSR E	1	a	2	b	x	x	x	x	x	x	PSR E	3	c	1	b	2	a	4	d	5	e	3	b	2	c	1	a	
teren falisty	PSR C	x	x	4	d	3	c	1	a	2	b	PSR C	2	a	1	c	3	b	4	d	5	e	3	a	2	c	1	b	
	PSR D	5	e	3	d	4	c	1	a	2	b	PSR D	1	a	2	c	3	b	4	d	5	e	3	a	2	c	1	b	
	PSR E	1	a	2	b	x	x	x	x	x	x	PSR E	1	a	3	c	2	b	4	d	5	e	3	a	2	c	1	b	
$i = +4,5\%$	PSR C	5	e	3	c	2	a	1	b	4	d	teren górzysty	PSR C	1	a	2	c	3	b	4	d	5	e	3	a	2	c	1	b
	PSR D	4	b	x	x	1	a	2	c	3	d	PSR D	1	a	2	c	3	b	4	d	5	e	3	a	2	c	1	b	
	PSR E	1	b	2	a	x	x	x	x	x	x	PSR E	1	a	2	c	3	b	4	d	5	e	3	a	2	c	1	b	
$i = -4,5\%$	PSR C	3	c	4	d	1	a			2	b																		
	PSR D	5	b	3	d	1	a	2	c	4	e																		
	PSR E	2	b	1	a	x	x	x	x	x	x																		

Tab. 5.8. Poziom Q_d przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana PSR

		Q_d [P/d]					
		teren płaski		teren falisty		teren górzysty (+/-)	
		PSR C	PSR D	PSR C	PSR D	PSR C	PSR D
drogi dwupasowe dwukierunkowe	odc. reprezent.	11440	21120	8370	19600	4240/6690	4950/6640
	wartość min.	7430	17720	3230	15930	2880/5180	3220/5210
drogi wielopasowe 1 kierunek z 2 pasami ruchu	odc. reprezent.	29360	37770	24980	32140	19000	24470
	wartość min.	25880	34170	22030	28760	15720	20230
autostrady 1 kierunek z 2 pasami ruchu	odc. reprezent.	48220	57950	38400	46150	27010	32470
	wartość min.	43140	51850	34350	41290	24170	29060

Ponadto w oparciu o natężenie krytyczne dla danego PSR oraz profile zmienności dobowej (DO_{w-c1} - DO_{w-c4} , DO_{nd1} , DO_{pt}), tygodniowej ($TO1$, $TO1/TO3$, $TO2/TO3$, $TO4/TO5$) i sezonowej ($SO1$, $SO2$, $SO3$) - wyznaczonych w punkcie 4.5 – określono SDR (rys.5.8). Największą różnicę uzyskano pomiędzy wartościami SDR wyznaczonymi w oparciu o profile: $SO1 - TO1 - DO_{w-c3}$ i $SO3 - TO1/TO3 - DO_{w-c4}$ wynoszącą 38,9% co daje przykładowo dla drogi dwupasowej dwukierunkowej, teren płaski, PSR D, odcinek reprezentatywny 9270 P/d (w praktyce, należy mieć świadomość jak duży może być popełniony błąd przy nieodpowiednim wyborze profilu zmienności).





Rys. 5.8. SDR w zależności od przyjętego profilu zmienności sezonowej, tygodniowej i dobowej: a) drogi dwupasowe dwukierunkowe, b) drogi wielopasowe i autostrady

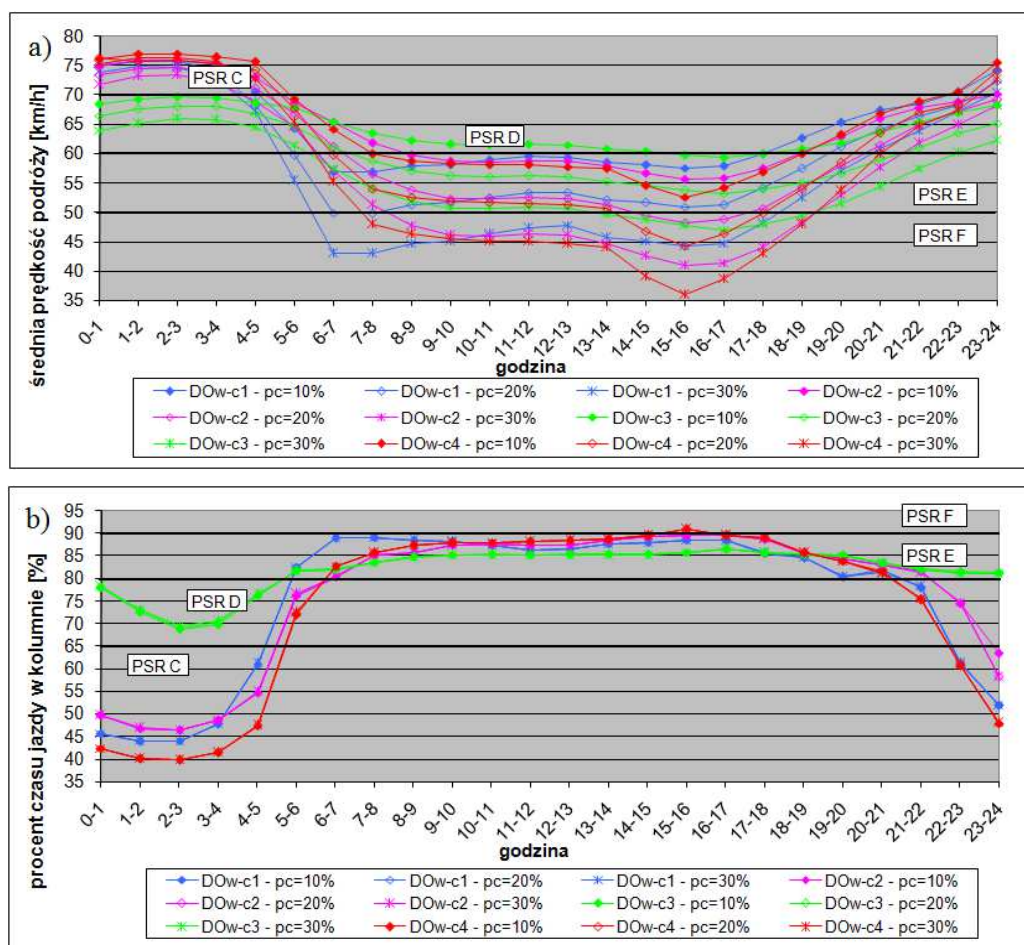
W kolejnym kroku, przeprowadzono badania dotyczące wpływu zmienności natężeń ruchu w czasie (profile zmienności dobowej) na warunki ruchu na drodze. Do badań wzięto pod uwagę cztery profile zmienności dobowej (DO_{w-c1} – DO_{w-c4}) – zgodnie z punktem 4.5. Analizy prowadzono na odcinkach reprezentatywnych (o cechach jak opisano wyżej) przy różnym poziomie natężenia dobowego Q_d (drogi dwupasowe dwukierunkowe: 10000 P/d i 20000 P/d, pozostałe drogi: 20000 P/d i 30000 P/d w analizowanym kierunku) przy uwzględnieniu zmiennego udziału pojazdów ciężarowych (dla dróg dwupasowych dwukierunkowych 10, 20 i 30%, dla dróg wielopasowych i autostrad 5, 15 i 25%). Zakładając, że wartości Q_d odnoszą się do miesięcy i dni w roku o największym natężeniu ruchu, wyznaczono SDR w zależności od profilu zmienności i rodzaju drogi (tab.5.9).

Tab. 5.9. Wartość SDR odpowiadająca Q_d w zależności od profilu zmienności sezonowej i tygodniowej (DDD – drogi dwupasowe dwukierunkowe, DW – drogi wielopasowe, A – autostrady)

	Q_d [P/d] przekrój	SDR [P/d]								
		SO1				SO2		SO3		
		TO1	TO1 / TO3	TO2 / TO3	TO4 / TO5	TO1	TO2 / TO3	TO1	TO1 / TO3	TO2 / TO3
DDD	10000	8350	8040	8180		7760	7600	7150	6880	7000
	20000	16700	16090	16360		15520	15200	14290	13770	14000
DW	40000	33400	32180	32720		31040	30400	28580	27530	28000
	60000	50110	48260	49090		46550	45610	42870	41300	42000
A	40000				30400					
	60000				45610					

Z przeprowadzonych analiz wynikają następujące wnioski:

1. zmiana natężeń w okresie doby w odniesieniu do dróg dwupasowych dwukierunkowych i wielopasowych:
 - a. teren płaski i falisty (oba zakresy Q_d): wpływa na warunki ruchu w zakresie czterech *PSR* (nieprzekroczony *PSR D*). Jedynie w przypadku profilu DO_{w-c4} , w terenie falistym, wystąpił *PSR E* (drogi dwupasowe - w godzinach 14:00-17:00, drogi wielopasowe - godzina 15:00-16:00),
 - b. teren górzysty: wpływa znacząco na warunki ruchu. Warunki ruchu zmieniają się zarówno w zależności od typu profilu jak i udziału pojazdów ciężarowych. Wpływ ten jest szczególnie widoczny przy poziomie Q_d równym odpowiednio 20000 (drogi dwupasowe) i 30000 (drogi wielopasowe) P/d kiedy to pojawia się *PSR F*. Na rysunku 5.9. a i b przedstawiono na przykładzie drogi dwupasowej dwukierunkowej ($Q_d=20000$ P/d, $i = +4,5\%$) graficzną ilustrację odpowiednio zmian średniej prędkości podróży oraz procentu czasu jazdy w kolumnie w kolejnych godzinach doby,
2. zmiana natężeń w okresie doby w odniesieniu do autostrad, wszystkie rodzaje terenu, oba zakresy Q_d : wpływa na warunki ruchu w zakresie czterech *PSR* (nieprzekroczony *PSR D*).



Rys. 5.9. Wpływ zmienności natężeń ruchu w czasie na warunki ruchu na drodze dwupasowej dwukierunkowej ($Q_d = 20000$ P/d): a) średnia prędkość podróży, b) procent jazdy w kolumnie

Uwaga: Pomimo że dla profilu DO_{w-c3} odnotowano średni udział pojazdów ciężkich około 40% to w celu lepszego porównania wzajemnego profili zmienności dobowej (w tej i kolejnych analizach) użyto we wszystkich przypadkach tej samej wielkości udziału pojazdów ciężarowych (drogi dwupasowe dwukierunkowe zakres 10 – 30%, drogi wielopasowe 5 – 25%).

5.1.2. Skrzyżowania

Szczegółowe analizy funkcjonowania skrzyżowań drogowych w warunkach zmienności ruchu można znaleźć w [12, 13, 17, 106]. Wynika z nich jednoznacznie, konieczność precyzyjnej charakterystyki zmienności ruchu (czasowa, przestrzenna), w tym niestacjonarności procesu zgłoszeń oraz właściwego jego uwzględniania w celu prawidłowej oceny sprawności skrzyżowań. Pomimo że analizy prowadzone były w obszarach miejskich, przyjęto że w terenach zamiejskich zachodzą analogiczne zależności. Najistotniejsze konkluzje z przeprowadzonych przez Chodura [13] badań wpływu zmienności losowej jak i zdeterminowanej intensywności ruchu na wlotach skrzyżowań, można zapisać następująco:

1. Skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu oraz ronda:
 - analiza wpływu krótkotrwałych (w okresie godziny) zmian intensywności dopływu:
 - amplituda zmian natężenia i długość interwału stacjonarności ma bardzo wyraźny wpływ na warunki ruchu,
 - kombinacje różnych profili natężeń na poszczególnych wlotach skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu w istotny sposób wpływają na warunki ruchu. Najgorsze warunki wywołuje równoczesne wystąpienie na wszystkich wlotach takich samych profili o dużej amplitudzie zmian natężenia,
 - niezależnie od kombinacji profili natężeń potoków dopływających (przy stopniach obciążenia powyżej 0,4 lub sumarycznym natężeniu na skrzyżowaniu powyżej 1000 P/h), małe rondo gwarantuje na kierunku o mniejszym znaczeniu (podporządkowanym) znacznie lepsze warunki niż skrzyżowanie z pierwszeństwem przejazdu,
 - analiza wpływu długookresowych (w okresie tygodnia) zmian natężenia dopływu:
 - wzorem zaleceń dotyczących ustalania natężeń wyjściowych do prognozy ruchu na skrzyżowaniu w oparciu o dwu lub trzykrotne pomiary [120], ocenę warunków ruchu, dla zmniejszenia przypadkowości jej wyniku, powinno się przeprowadzić dla uśrednionych z dwu lub trzech dni szeregów czasowych natężeń. Prowadzi to do zmiany oceny na rzecz pośrednich *PSR*, z eliminacją skrajnych poziomów swobody ruchu.
 - w celu utrzymania dopuszczalnych warunków na skrzyżowaniu (*PSR I - III*), przy występującej zmienności natężeń ruchu z dnia na dzień, stopień obciążenia nie powinien przekraczać wartości 0,70 (w przepisach dopuszczona jest wartość 0,85). Różnica między dopuszczalną wartością stopnia obciążenia a wartością 1,0 stanowi rezerwę umożliwiającą kompensację negatywnych skutków

powodowanych zmiennością procesu zgłoszeń oraz błędami prognozowania ruchu. Uściślając dane ruchowe (charakterystykę ruchu) można tą wymaganą rezerwę zmniejszyć.

- sprawność ronda w szerokim zakresie zmienności przepływających strumieni ruchu (zmienność natężeń w ciągu doby oraz niestacjonarność) czyni to skrzyżowanie mniej wrażliwym niż skrzyżowanie z pierwszeństwem przejazdu na wahania natężeń ruchu a także ewentualne błędy estymacji istniejących bądź nieścisłości prognoz przyszłych danych ruchowych.

2. Skrzyżowania z sygnalizacją:

– analiza wpływu krótkotrwałych jak i długookresowych zmian natężenia dopływu:

- Amplituda wahań natężenia strumieni dopływających ma bardzo duży wpływ na warunki ruchu, mniejszy, możliwy do pominięcia jest wpływ długości interwału stacjonarności 5 lub 15 min.,
- Przy stopniach obciążenia $\bar{X} > 0,8$ zróżnicowanie strat czasu w zależności od kształtu profilu natężeń i amplitudy wahań osiąga takie wielkości, że nie tylko uwzględnienie niestacjonarności, ale także typ profilu natężeń decyduje o jakości oceny warunków ruchu, w stopniu mogącym zmieniać oceny w zakresie dwóch *PSR*,
- Sterowanie stało czasowe, wieloprogramowe w skali dnia przynosi radykalną poprawę warunków ruchu (niwelowanie wpływu zmienności ruchu w ciągu doby). Dalszą poprawę sprawności gwarantuje sterowanie akomodacyjne. Zaoszczędzony czas uczestników ruchu w ciągu doby po zastosowaniu sterowania akomodacyjnego może wynieść od 25 do 33%.

W pracy skupiono się na uzupełnieniu oraz dostosowaniu dotychczasowej wiedzy w zakresie wrażliwości skrzyżowań na wielkość i zmiany natężenia ruchu. Analizy prowadzono z wykorzystaniem polskiej metody obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej [59] oraz rond [58] (modele oparte na teorii akceptacji odstępów czasu). Do obliczeń przyjęto modelowe skrzyżowanie czterowlotowe, w podziale na dwie grupy analiz różniące się zestawami danych ruchowych [61] (w przypadku rond tylko grupa I): grupa I - skrzyżowania, na których wszystkie wloty mają niewiele różniące się udziały natężeń, typowe dla połączeń dwóch dróg krajowych, oraz grupa II - skrzyżowania, na których udział ruchu na kierunku głównym jest znacznie większy w stosunku do ruchu na kierunku podporządkowanym (typowe dla połączeń dróg krajowych z drogami niższej rangi administracyjnej). Przyjęto przekrój jedno jezdniowy z dodatkowym pasem dla relacji skrętu w lewo na kierunku głównym (w przypadku rond analizie poddano rondo jednopasowe o średnicy zewnętrznej D_z równej 40 m), brak ruchu pieszego, strukturę kierunkową (średnie wartości dla poszczególnych grup skrzyżowań na podstawie [61]) i rodzajową (na podstawie syntezy wyników [133]) zgodnie z tab. 5.10, wskaźnik zmienności ruchu równy 0,95. W przypadku analizy wpływu struktury kierunkowej oraz rodzajowej na przepustowość oraz

warunki ruchu na skrzyżowaniu, przyjęto kilka zestawów danych, zgodnie z tab. 5.11 i 5.12 Ponadto przyjęto podporządkowanie ruchu znakami A-7 a jako lokalizację skrzyżowania teren poza zabudową, z dala od dużych aglomeracji.

Tab. 5.10. Struktura kierunkowa i rodzajowa ruchu na analizowanym skrzyżowaniu wykorzystana do badania wpływu zmiennoŹci natężeń ruchu w czasie oraz zmiennoŹci struktury: kierunkowej (tylko struktura rodzajowa) oraz rodzajowej (tylko struktura kierunkowa) na przepustowoŹć i warunki ruchu

		struktura kierunkowa [%]						struktura rodzajowa [%]								
		grupa I skrzyżowań			grupa II skrzyżowań			grupa I sk.			grupa II sk.					
		w lewo	na wprost	w prawo	w lewo	na wprost	w prawo	u _c	u _{cp}	u _{mr}	u _c	u _{cp}	u _{mr}			
wlot z pierwszeństwem przejazdu	A	2,9	25,1	2,8	1,6	40,6	2,6	5,2	14,8	0,4	5,2	14,8	0,4			
	B	4,8	26,8	2,0	1,4	42,0	1,1				4,1	4,2	1,1			
wlot podporządkowany	C	3,2	11,4	5,9	1,3	1,5	2,7									
	D	2,3	10,8	2,2	0,9	1,6	2,9									

Tab. 5.11. Podział procentowy natężeń dla modelowego skrzyżowania wykorzystany do badania wpływu struktury kierunkowej na przepustowoŹć i warunki ruchu: a) grupa I skrzyżowań, b) grupa II skrzyżowań

a)	Udział procentowy natężeń ruchu na kierunkach [%]	A - B						C - D										
		60						40										
Udział procentowy natężeń ruchu na wlotach [%]		A			B			C			D							
		70	50		30	50		50		50								
Udział procentowy natężeń ruchu dla relacji [%]		AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP					
		15	75	10	10	80	10	15	70	15	15	70	15	15	70	15		
											30	50	20	50	30			
											20	50	30	15	70	15		
											30	50	20	50	30			
											20	50	30	15	70	15		
											30	50	20	50	30			
		15	65	20	15	70	15	15	70	15	15	70	15	15	70	15		
											30	50	20	50	30			
											20	50	30	15	70	15		
											30	50	20	50	30			
											20	50	30	15	70	15		
30	50										20	50	30					
b)	Udział procentowy natężeń ruchu na kierunkach [%]	A - B						C - D										
		88						12										
		Udział procentowy natężeń ruchu na wlotach [%]		A			B			C			D					
				70	50		30	50		50		50						
		Udział procentowy natężeń ruchu dla relacji [%]		AL	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP			
				10	85	5	5	90	5	20	30	50	20	30	50	20	30	50
													30	30	40	40	30	40
													20	30	50	20	30	50
													30	30	40	40	30	40
													20	30	50	20	30	50
													30	30	40	40	30	40
				10	75	15	10	80	10	20	30	50	20	30	50	20	30	50
30	30												40	40	30	40		
20	30												50	20	30	50		
30	30												40	40	30	40		
20	30												50	20	30	50		
30	30	40	40										30	40				

Tab. 5.12. Udziały w natężeniu na wlotach modelowego skrzyżowania wyróżnionych rodzajów pojazdów (c – samochody ciężarowe i autobusy, cp – samochody ciężarowe z przyczepami lub naczepami i autobusy przegubowe, mr – motocykle i rowery) wykorzystane do badania wpływu struktury rodzajowej na przepustowość i warunki ruchu

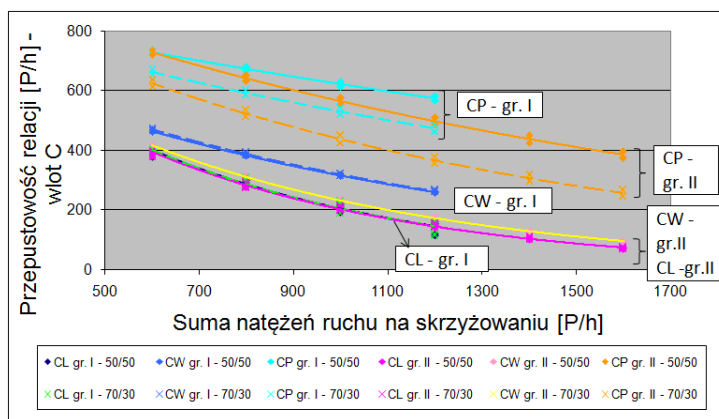
wlot	struktura rodzajowa [%]					
	grupa I skrzyżowań			grupa II skrzyżowań		
	u _c	u _{cp}	u _{mr}	u _c	u _{cp}	u _{mr}
A, B	5	5	0,4	5	5	0,4
C, D				3	3	
A, B	10	10	0,4	10	10	0,4
C, D				7	7	
A, B	15	15	0,4	15	15	0,4
C, D				10	10	

Analizy sprawności relacji i wlotów podporządkowanych prowadzono osobno ze względu na grupę skrzyżowań (grupa I i II) oraz ze względu na procentowy udział natężeń ruchu na wlocie A i B (70/30 i 50/50). Na rysunkach 5.10 – 5.15 przedstawiono przykładowe wyniki analiz (przykładowy wlot podporządkowany i nadrzędny). Pozostałe wyniki zamieszczono w załączniku. Dodatkowo dla ilustracji zmienności miar (przepustowość, straty czasu) obliczono względne ich różnice według wzoru 5.1.1 (tab. 5.13).

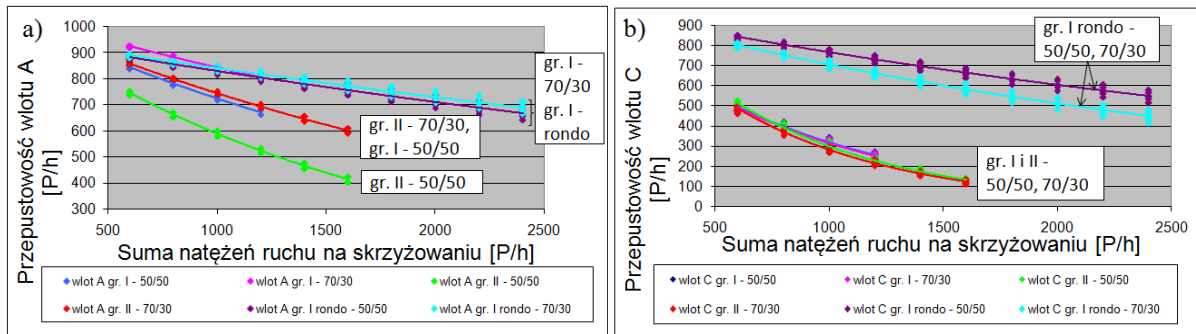
$$wartosc \% = \left\{ \frac{\max(d_A, d_B, d_C, d_D) - \min[\max(d_A, d_B, d_C, d_D)]}{\max(d_A, d_B, d_C, d_D)} \right\} \times 100 \quad [\%] \quad (5.1.1)$$

gdzie: d_A, d_B, d_C, d_D - straty czasu odpowiednio na wlocie A, B, C i D [s/P]. W przypadku obliczeń dotyczących przepustowości zamiast d_A, d_B, d_C, d_D użyto wartość przepustowości wlotu o największych stratach czasu [P/h].

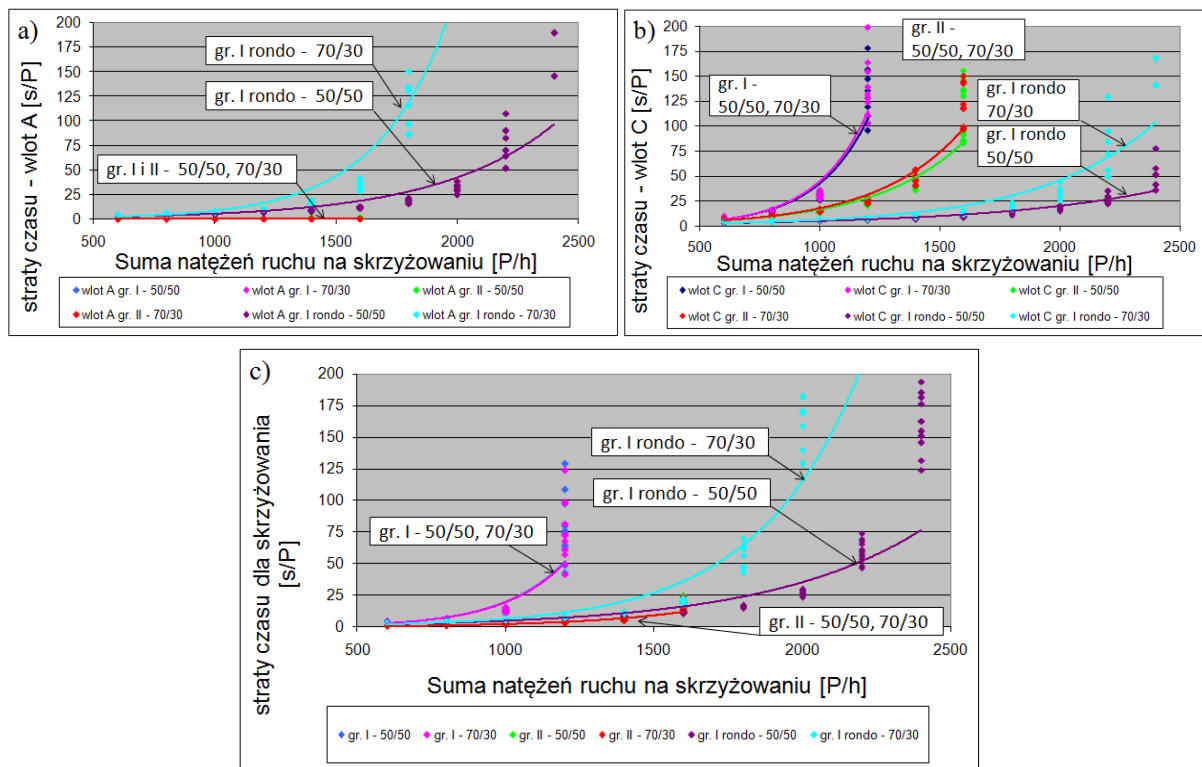
Ponieważ różnice wyznaczono przy całkowitej sumie natężenia ruchu na skrzyżowaniu: w grupie I równej 1200 P/h (w przypadku rond równej 2400 P/h - dla procentowego udziału natężeń ruchu na wlocie A/B 50/50 i 1800 P/h - dla udziału 70/30) oraz w grupie II - równej 1600 P/h (bardzo duże wartości strat czasu, nawet około 1000 s) dalsze szczegółowe analizy prowadzono wyłącznie dla wartości natężeń odpowiadających poziomowi swobody ruchu I do III (rys. 5.16).



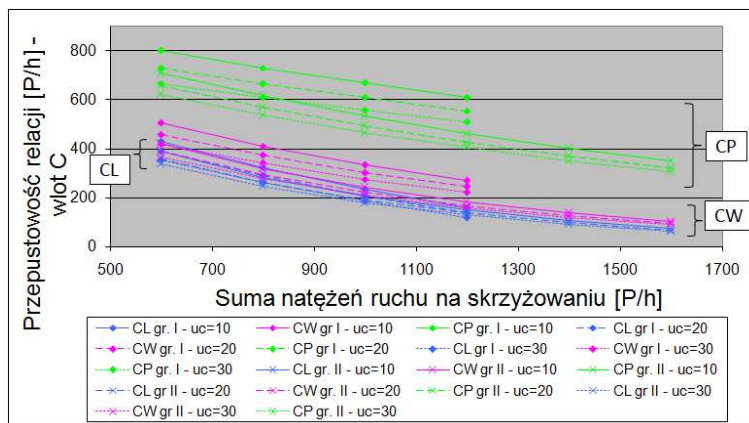
Rys. 5.10. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na przepustowość relacji wlotu podporządkowanego - wlot C



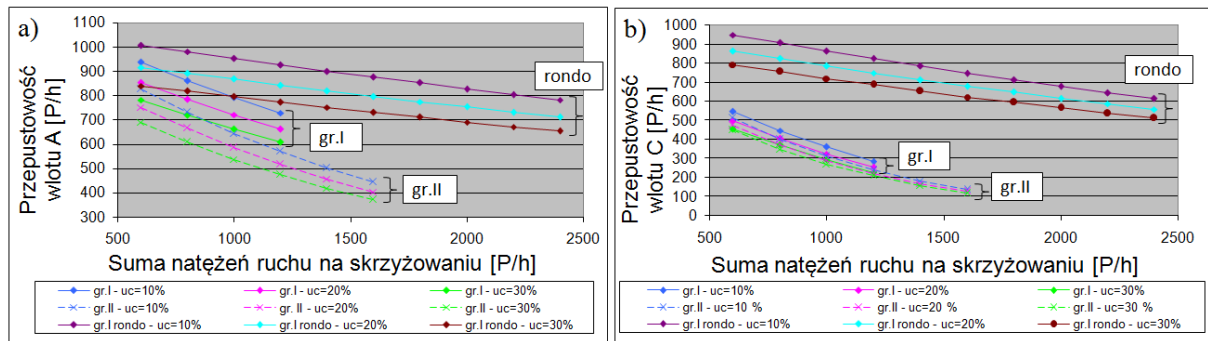
Rys. 5.11. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na przepustowość wlotu odpowiednio: a) wlot A, b) wlot C



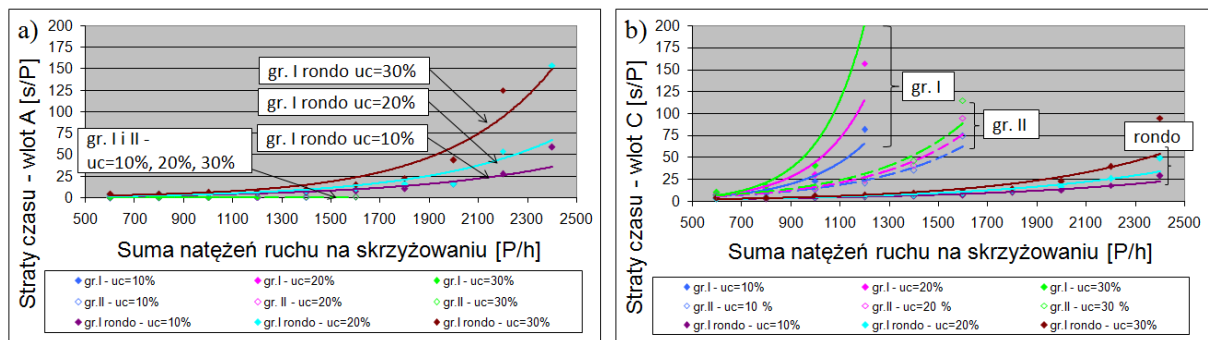
Rys. 5.12. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na straty czasu (ograniczono zakres do 200 s) odpowiednio na: a) wlocie A, b) wlocie C, c) całe skrzyżowanie



Rys. 5.13. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na przepustowość relacji wlotu podporządkowanego - wlot C



Rys. 5.14. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na przepustowość wlotu odpowiednio: a) wlot A, b) wlot C



Rys. 5.15. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na straty czasu odpowiednio na (ograniczono zakres do 200 s): a) wlot A, b) wlot C

Tab. 5.13. Maksymalna względna różnica przepustowości i strat czasu wyznaczona przy całkowitym natężeniu ruchu na skrzyżowaniu z pierwszeństwem przejazdu: w grupie I równym 1200 P/h, w grupie II równym 1600 P/h oraz na rondzie w grupie I dla procentowego udziału natężeń ruchu na wlocie A, B 50/50 równym 2400 P/h a dla udziału 70/30 równym 1800 P/h.

zmienność struktury kierunkowej w obrębie wlotu	maksymalna różnica przepustowości [%]									maksymalna różnica strat czasu [%]								
	grupa I skrzyżowań			grupa II skrzyżowań			grupa I ronda			grupa I skrzyżowań			grupa II skrzyżowań			grupa I ronda		
	procentowy udział natężeń ruchu na wlocie A, B									procentowy udział natężeń ruchu na wlocie A, B								
	50/50	70/30	łącznie	50/50	70/30	łącznie	50/50	70/30	łącznie	50/50	70/30	łącznie	50/50	70/30	łącznie	50/50	70/30	łącznie
A, B	3,8	4,7	6,0	3,8	6,1	9,5	2,9	2,9	17,1	21,7	30,6	13,5	20,6	28,2	20,5	11,5		
C	12,2	12,0	13,3	12,8	11,4	17,3	5,6	4,2	49,0	49,2	52,6	37,2	35,4	35,4	36,0	0,0		
D	14,0	14,9	16,2	23,4	16,7	23,4	5,6	4,2	55,4	58,2	62,7	60,1	47,6	60,1	36,0	35,8		
A, B, C	14,4	14,6	15,8	15,3	16,7	19,7	5,6	4,2	57,1	56,8	59,7	42,3	47,1	52,4	36,0	11,5		
A, B, C, D	24,0	22,6	24,0	26,3	19,7	26,3	5,6	5,4	78,2	76,0	78,2	66,2	55,6	66,2	36,0	43,0		

Przeprowadzone analizy pozwoliły na oszacowanie wielkości znanych wpływów (ważne dla świadomości możliwego błędu przy niepewności danych, w eksploatacji i projektowaniu skrzyżowań), takich jak:

1. struktury kierunkowej i rodzajowej na przepustowość wlotu podporządkowanego (wzrost przepustowości przy zwiększaniu udziału relacji skrętu w prawo oraz spadek w przypadku większego udziału relacji skrętu w lewo w stosunku do skrętu w prawo oraz przy zwiększaniu udziału pojazdów ciężkich) - rys. 5.10, 5.11, 5.13, 5.14 i tab. 5.13. Wielkość wpływu struktury kierunkowej zależy od udziału procentowego natężenia ruchu na przeciwnych kierunkach (większe zróżnicowanie uzyskano w przypadku znacznie większego udziału ruchu na kierunku głównym – grupa II sięgające 40,2% w stosunku do grupy I) oraz w mniejszym stopniu od procentowego udziału natężeń ruchu na wlotach

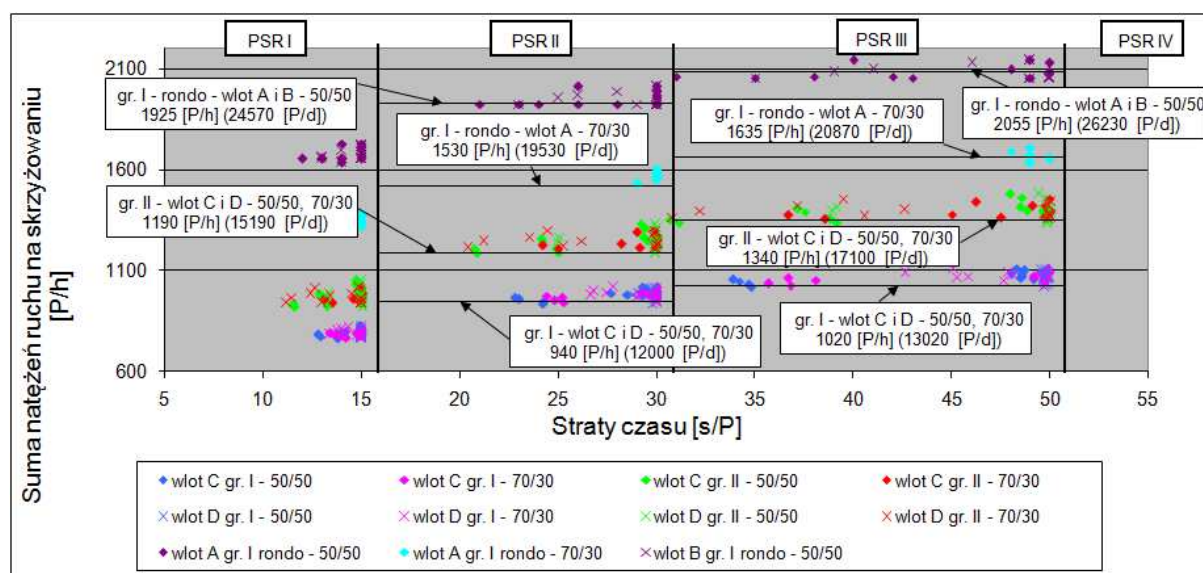
A i B (maksymalna różnica równa: grupa I – 6,0%; grupa II – 37,7%, grupa I ronda – 25,0%). Największą różnicę przepustowości wlotu uzyskano przy jednoczesnej zmianie struktury kierunkowej na wszystkich wlotach wynoszącą średnio: skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu grupy I – 23,3% (62 P/h), II – 26,3% (26 P/h), I – ronda – 5,5% (40 P/h). W przypadku struktury rodzajowej wielkość wpływu zależy od typu skrzyżowań i wielkości udziału pojazdów ciężkich (przy zwiększaniu udziału pojazdów ciężkich o 10%, uzyskano spadek wartości przepustowości odpowiednio o około: w grupie I – 10%, w grupie II – przy wzroście z 10 do 20% - 8% natomiast przy wzroście z 20 do 30% - 6,5%, w grupie I ronda – 6,6%).

2. *struktury kierunkowej i rodzajowej na warunki ruchu na skrzyżowaniu* wyrażone poprzez straty czasu - d (im większa suma natężeń ruchu na skrzyżowaniu, większy udział pojazdów ciężkich i niższa przepustowość tym większe straty czasu relacji podporządkowanych) - rys. 5.12, 5.15, tab. 5.13. Wielkość wpływu struktury kierunkowej zależy od udziału procentowego natężenia ruchu na przeciwnych kierunkach (większe zróżnicowanie uzyskano w przypadku równomiernego obciążenia obu krzyżujących się kierunków - grupa I sięgające 26% w stosunku do grupy II) oraz od procentowego udziału natężeń ruchu na wlotach A i B (maksymalna różnica równa: grupa I – 4,8%; grupa II – 44%, grupa I ronda – 100%). Ponadto zaobserwowano wzrost natężenia krytycznego o 27 i 31% (odpowiednio na *PSR II i III*) co odpowiada 250 P/h i 320 P/h w przypadku skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu grupy II w stosunku do grupy I oraz o 26% (co odpowiada *PSR II* - 395 P/h, *PSR III* - 420 P/h) w przypadku rond przy udziale procentowym natężeń ruchu na wlocie AB – 50/50 w stosunku do 70/30 (rys. 5.16). W przypadku rond o rozkładzie kierunkowym natężeń 50/50% natężeń ruchu na wlotach A/B uzyskano średnio natężenie krytyczne większe od skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu grupy I i II odpowiednio o 103 i 58% (1010 P/h i 725 P/h). W przypadku struktury rodzajowej wielkość wpływu zależy od typu skrzyżowań i wielkości udziału pojazdów ciężkich (przy zwiększaniu udziału pojazdów ciężkich o 10%, uzyskano spadek natężenia krytycznego na *PSR II i III* odpowiednio: grupa I - 5,5 i 4,9%, grupa II przy wzroście z 10 na 20% - 3,7 i 3,3% natomiast przy wzroście z 20 do 30% - 2,9 i 2,3%, w grupie I ronda – 7,6%).

Przy założeniu udziału godziny szczytu w natężeniu dobowym dla przypadku o największej zmienności w ciągu doby tj. profilu zmienności dobowej DO_{w-c4} na poziomie 7,835% określono dobowe natężenia krytyczne dla skrzyżowania reprezentatywnego oraz dla najniekorzystniejszych warunków ruchowych, odpowiadające *PSR II i III* (rys. 5.16, tab. 5.14). Ponadto w oparciu o natężenie krytyczne dla danego *PSR* oraz profile zmienności dobowej (DO_{w-c1} - DO_{w-c4} , DO_{nd1} , DO_{pt}), tygodniowej ($TO1$, $TO1/TO3$, $TO2/TO3$) i sezonowej ($SO1$, $SO2$, $SO3$) - wyznaczonych w punkcie 4.5 – określono *SDR* (rys. 5.17). Pozwoliło to na oszacowanie możliwego do popełnienia błędu w projektowaniu i eksploatacji

skrzyżowań drogowych, w oparciu o *SDR*, przy skrajnie niekorzystnym doborze profili zmienności ruchu. Największą różnicę uzyskano pomiędzy wartościami *SDR* wyznaczonymi w oparciu o profile: *SO1 – TO1 – DO_{w-c3}* i *SO3 – TO1/TO3 – DO_{w-c4}* wynoszącą 38,9% co daje przykładowo dla skrzyżowania reprezentatywnego gr. II, *PSR III* dla kierunku AB 7344 P/d.

W celu określenia wpływu zmienności natężeń ruchu w czasie na warunki ruchu na skrzyżowaniu przeprowadzono analizy, biorąc pod uwagę cztery profile zmienności dobowej (*DO_{w-c1}* - *DO_{w-c4}*) – zgodnie z punktem 4.5. Analizy prowadzono na skrzyżowaniu o strukturze kierunkowej i rodzajowej ruchu wg tab. 5.11 przy różnym poziomie natężenia dobowego (grupa I - 15600 P/d, grupa II - 22400 P/d, grupa I ronda – 31100 P/d). Zakładając, że wartości *Q_d* odnoszą się do miesięcy i dni w roku o największym natężeniu ruchu, wyznaczono *SDR* w zależności od rozważanego przypadku (tab. 5.15). Uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 5.18. Wynika z nich, że zmiana natężeń w okresie doby wpływa znacząco na warunki ruchu w zależności od typu profilu oraz w mniejszym stopniu w zależności od grupy skrzyżowań. Wpływ ten jest szczególnie widoczny przy profilu *DO_{w-c2}* i *DO_{w-c4}* przy których w godzinach 14:00 – 17:00 uzyskano straty czasu przekraczające 100 s. W praktyce oznacza to, że błędny wybór profili zmienności natężeń ruchu może powodować poważne skutki projektowo - eksploatacyjne między innymi: zły wybór typu skrzyżowania [120] (graniczną wielkość ruchu dla kierunku AB uzyskano dla skrajnych przypadków, przy wartości *SDR* równej: grupa I – 10335 P/d i 6337 P/d; grupa II – 17225 P/d i 10562 P/d; grupa I ronda – 17225 P/d i 10562 P/d) czy błędy w ocenie jakości ruchu (inne od zakładanych warunki ruchu, przepustowość).

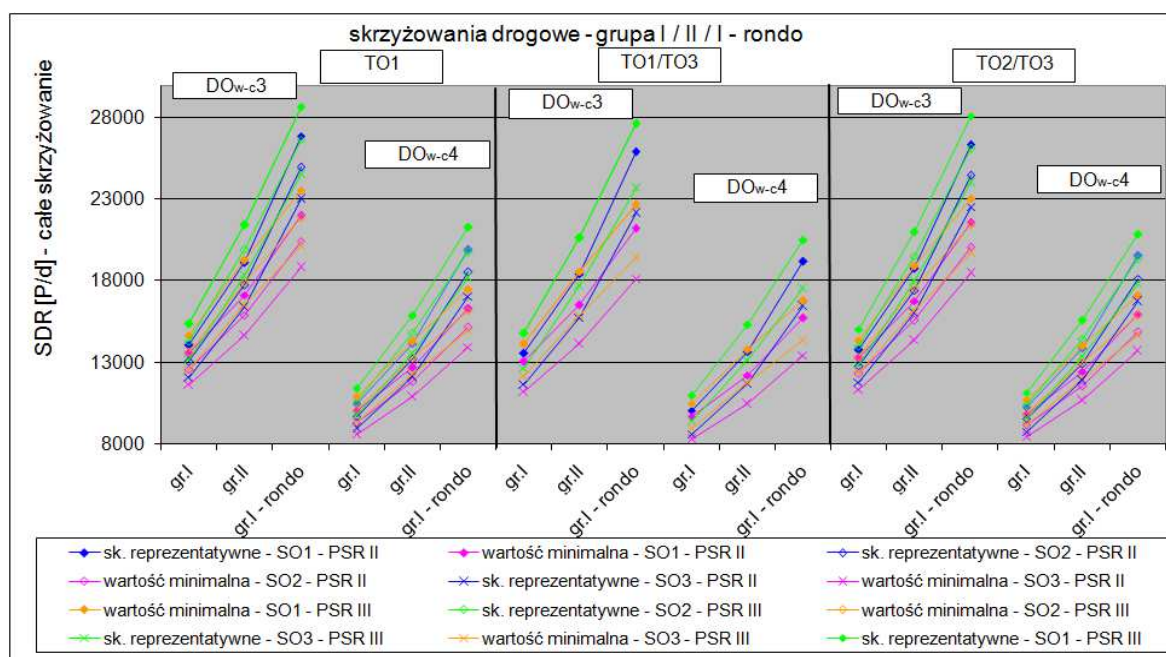


Rys. 5.16. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na straty czasu na wlocie podporządkowanym
 Uwaga: Poziome linie (natężenie krytyczne) odpowiadają najmniejszym wartościom natężeń ruchu na skrzyżowaniu (próg „wejścia” na dany *PSR* przy określonych cechach natężenia ruchu) uzyskanym

w przypadku skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu w grupie I i II oraz dla rond w grupie I dla procentowego udziału natężeń ruchu na wlocie A/B 50/50 i 70/30.

Tab. 5.14. Poziom Q_d przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana PSR (całość skrzyżowania oraz kierunek dominujący)

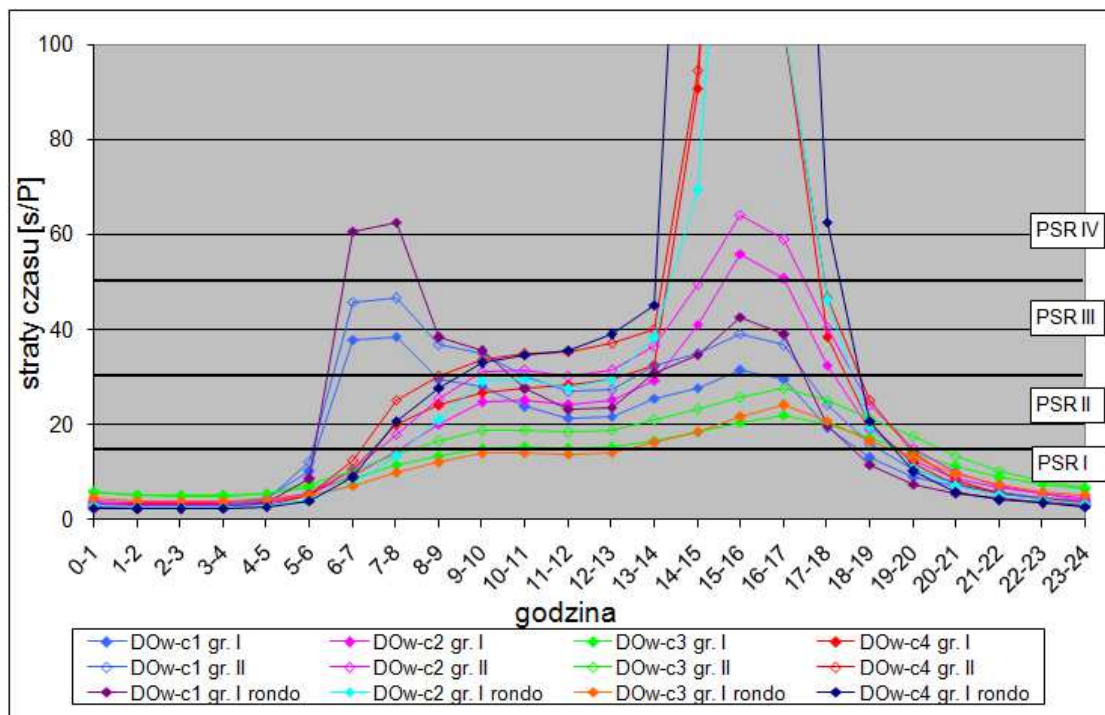
		Q_d [P/d] - ABCD		Q_d [P/d] - AB		
		PSR II	PSR III	PSR II	PSR III	
skrzyżowanie z pierwszeństwem przejazdu	gr. I	sk. reprezent.	12470	13610	7480	8160
		wartość min.	12000	13020	7200	7810
	gr. II	sk. reprezent.	16960	19020	14930	16730
		wartość min.	15190	17100	13370	15050
ronda	gr. I	sk. reprezent.	23870	25460	14320	15280
		wartość min.	19530	20870	11720	12520



Rys. 5.17. SDR dla całego skrzyżowania w zależności od przyjętego profilu zmienności sezonowej, tygodniowej i dobowej

Tab. 5.15. Wartość SDR odpowiadająca Q_d w zależności od profilu zmienności sezonowej i tygodniowej (ABCD - całość skrzyżowania, AB - kierunek dominujący)

	Q_d [P/d] ABCD	wloty	SDR [P/d]							
			SO1			SO2		SO3		
			TO1	TO1 / TO3	TO2 / TO3	TO1	TO2 / TO3	TO1	TO1 / TO3	TO2 / TO3
gr. I	15600	ABCD	13030	12550	12760	12100	11860	11150	10740	10920
		AB	8380	8070	8210	7780	7620	7170	6900	7020
gr. II	22400	ABCD	18710	18020	18330	17380	17030	16010	15420	15680
		AB	16690	16070	16350	15500	15190	14280	13750	13990
gr. I ronda	31100	ABCD	25970	25020	25440	24130	23640	22220	21400	21770
		AB	16700	16090	16360	15520	15200	14290	13760	14000



Rys. 5.18. Wpływ zmienności natężeń ruchu w czasie na straty czasu - wlot krytyczny skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu i ronda

5.1.3. Poziom hałasu

Pomimo, że w literaturze krajowej i zagranicznej dobrze jest rozpoznany wpływ podstawowych czynników ruchowych w tym natężenia ruchu na hałas brakuje jednak badań w odniesieniu do wahań ruchu (w tym struktury) w ciągu doby i zachodzących zmian w tym zakresie, a także z występowania przeciążeń ruchowych [111]. Dlatego też w tej części pracy skupiono się na uzupełnieniu dotychczasowej wiedzy na temat wpływu zmienności natężeń ruchu na poziom dźwięku, wyznaczeniu wskaźników przeliczeniowych koniecznych do wyznaczenia natężenia miarodajnego w oparciu o *SDR*, określeniu zakresu zmienności udziału ruchu dziennego i nocnego, w tym ruchu ciężkiego oraz na porównaniu dróg krajowych i wojewódzkich. Schemat procedury zaczerpnięto z pracy [105]. Analizy prowadzono na podstawie profili zmienności dobowej zgodnie z punktem 4.5, z uwzględnieniem struktury kierunkowej i rodzajowej (ogół pojazdów i pojazdy ciężkie). W pierwszej części analiz określono, dla typowych profili zmienności natężeń w ciągu doby w wyróżnionych okresach doby, tj. w ciągu dnia (D – 6:00 ÷ 18:00 oraz 6:00 ÷ 22:00), wieczora (W – 18:00 ÷ 22:00) i nocy (N – 22:00 ÷ 6:00): przeciętny udział natężeń ruchu, przeciętny udział natężeń godzinowych, średnie odchylenie standardowe udziałów w ruchu dobowym natężeń godzinowych oraz dolne i górne granice średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych. Ponadto, w przypadku dróg krajowych określono także przeciętny udział natężeń ruchu i przeciętny udział natężeń godzinowych dla pozostałych dni tygodnia tj. poniedziałek i piątek (grupa dróg o profilu DO_{w-c1} , DO_{w-c2} , DO_{w-c3} , DC_{w-c1} ,

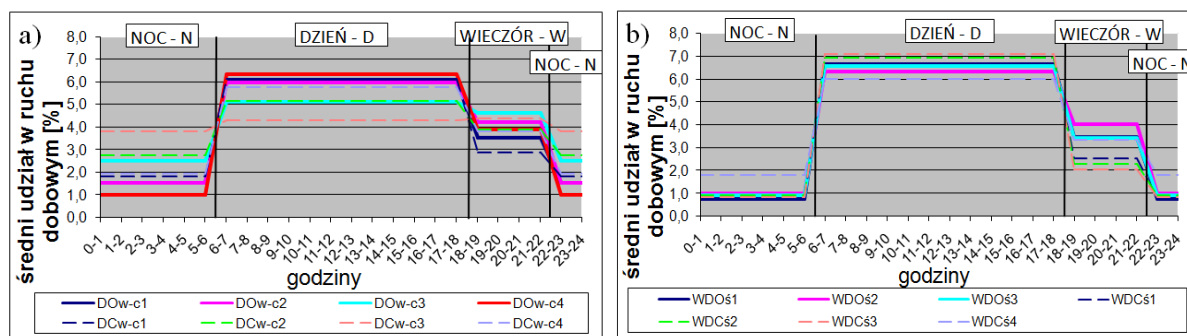
DC_{w-c2} odpowiada: dla poniedziałku skupieniu 1, 2, 3, 2, 1 oraz dla piątku skupieniu 3, 1, 2, 2, 1). Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 5.16.

Tab. 5.16. Zestawienie średnich, procentowych udziałów w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów D, W, N dla a) dróg krajowych (wtorek – czwartek), b) dróg wojewódzkich (środa) c) dróg krajowych (poniedziałek i piątek)

a)		średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie				średnie odch. standard. udziałów w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie				średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu				dolna granica średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie				górną granicą średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie			
grupa pojazdów	symbol profilu	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	noc 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00
ogół pojazdów	DO _{w-c1}	6,1	3,5	5,5	1,5	0,3	0,4	0,2	0,4	73,4	14,2	87,6	12,4	5,7	2,7	5,2	0,8	6,7	4,1	5,8	5,2
	DO _{w-c2}	6,0	4,2	5,5	1,5	0,3	0,5	0,2	0,3	71,5	16,9	88,4	11,6	5,5	3,2	5,8	0,6	6,5	5,4	5,2	2,0
	DO _{w-c3}	5,1	4,6	5,0	2,5	0,2	0,3	0,1	0,3	61,3	18,5	79,8	20,2	4,8	4,0	4,9	1,9	5,4	5,1	5,3	2,7
	DO _{w-c4}	6,3	3,9	5,7	1,0	0,3	0,6	0,1	0,3	76,2	15,6	91,7	8,3	5,0	1,8	5,2	0,3	7,5	7,2	6,1	2,2
pojazdy ciężkie	DC _{w-c1}	6,2	2,9	5,3	1,8	0,3	0,5	0,2	0,4	73,9	11,6	85,4	14,6	5,8	2,1	4,9	1,2	6,6	3,8	5,6	2,7
	DC _{w-c2}	5,2	3,9	4,9	2,8	0,3	0,5	0,2	0,4	62,2	15,6	77,8	22,2	4,5	3,0	4,5	1,9	5,7	5,0	5,3	3,6
	DC _{w-c3}	4,3	4,4	4,3	3,8	0,0	0,6	0,1	0,2	51,7	17,6	69,3	30,7	4,3	4,0	4,2	3,7	4,3	4,8	4,4	4,0
	DC _{w-c4}	5,8	3,8	5,3	1,9	0,4	0,7	0,2	0,5	69,2	15,3	84,6	15,4	4,8	0,0	4,2	0,0	8,3	9,0	6,3	4,2

b)		średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie				średnie odch. standard. udziałów w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie				średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu				dolna granica średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie				górną granicą średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie			
grupa pojazdów	symbol profilu	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	noc 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00
ogół pojazdów	WDO _{s1}	6,7	3,5	5,9	0,8	0,2	0,4	0,1	0,3	80,0	13,8	93,8	6,2	5,9	2,2	5,2	0,2	7,5	5,1	6,2	2,1
	WDO _{s2}	6,3	4,0	5,7	1,0	0,3	0,5	0,2	0,4	75,8	16,2	92,0	8,0	5,0	2,7	4,9	0,3	7,0	6,1	6,1	2,7
	WDO _{s3}	6,6	3,4	5,8	0,9	0,3	0,5	0,2	0,3	78,9	13,7	92,7	7,3	5,4	2,2	5,1	0,4	7,2	5,3	6,1	2,2
pojazdy ciężkie	WDC _{s1}	7,0	2,5	5,9	0,8	0,4	0,8	0,2	0,4	83,5	10,1	93,7	6,3	5,8	0,0	5,0	0,0	8,3	4,6	6,3	2,5
	WDC _{s2}	7,0	2,3	5,8	0,9	0,4	0,7	0,2	0,4	83,5	9,1	92,6	7,4	6,0	0,0	5,1	0,0	8,2	4,6	6,3	2,2
	WDC _{s3}	7,1	2,1	5,8	0,8	0,4	0,6	0,2	0,4	85,1	8,3	93,4	6,6	6,4	0,3	5,3	0,0	8,1	4,4	6,3	2,0
	WDC _{s4}	6,0	3,4	5,3	1,8	0,5	0,9	0,3	0,6	72,2	13,4	85,6	14,4	2,9	0,9	2,9	0,4	6,8	10,5	6,0	6,6

c)		średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie				średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu				średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie				średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu			
grupa pojazdów	symbol profilu	poniedziałek								piątek							
		dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	noc 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	wieczór 6:00-22:00	dzień 6:00-18:00	noc 6:00-22:00
ogół pojazdów	DO _{w-c1}	6,0	3,3	5,3	1,9	71,8	13,1	85,0	15,0	5,9	1,7	5,4	3,8	70,9	15,2	86,1	13,9
	DO _{w-c2}	6,0	4,0	5,5	1,5	71,9	16,0	88,0	12,0	1,4	6,0	5,6	4,3	71,7	17,4	89,1	10,9
	DO _{w-c3}	5,0	4,5	4,9	2,7	60,1	18,0	78,1	21,9	2,0	5,2	5,2	5,5	62,0	21,8	83,8	16,2
pojazdy ciężkie	DC _{w-c1}	6,0	3,2	5,3	1,9	71,9	12,7	84,6	15,4	6,2	2,8	5,3	1,8	74,3	11,2	85,5	14,5
	DC _{w-c2}	5,0	4,3	4,8	2,9	59,6	17,1	76,8	23,2	5,2	3,7	4,8	2,9	62,3	14,7	77,1	22,9
	DC _{w-c3}	4,4	4,6	4,4	3,7	52,3	18,4	70,7	29,3	4,5	3,8	4,3	3,9	53,5	15,3	68,9	31,1



Rys. 5.19. Przeciętne udziały godzinowe w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów D, W, N dla ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich: a) drogi krajowe, b) drogi wojewódzkie

W kolejnym kroku, przeprowadzono badania dotyczące wpływu zmienności natężeń ruchu na poziom dźwięku L^p_{Aeq} , L_{DWN} (wzór 5.1.2, 5.1.3). Ponieważ wstępne analizy przeprowadzone na 13 odcinkach dróg (stacje GR, posiadające komplet danych w 2010 roku) wykazały niewielką różnicę (średnio 0,2% co odpowiada 0,1 dB) dla wartości L_D , L_W , L_N

wyznaczonych jako wartość średnia ze wszystkich dób w roku oraz na podstawie średniej wartości natężeń w roku z danego okresu, w dalszej części pracy wartości te obliczano wyłącznie w oparciu o *SDR*. W przypadku L^p_{Aeq} , gdzie przedziałem czasu odniesienia jest 16 lub 8 godzin (pora dnia i nocy), różnica pomiędzy wartościami uzyskanymi w oparciu o średnie wartości natężeń w roku oraz wartości maksymalnych (doba/y w której/ych odnotowano największe średnie natężenie pojazdów ciężkich w okresie dzień/noc) wynosi średnio 3,4% co odpowiada 2,4 dB - zakres od 1,6 do 4,0 dB (dla największych wartości godzinowych uzyskano średnią różnicę 7,2% co odpowiada 5,3 dB). Ze względu na brak przepisów określających jednoznacznie do których wartości odnoszą się normy dopuszczalnego poziomu hałasu, dla potrzeb analiz wrażliwości L^p_{Aeq} obliczono w oparciu o *SDR* (podejście często stosowane w praktyce). Pomimo że, przy takim podejściu dopuszcza się przekroczenie norm hałasu w miesiącach i dniach w roku o największym udziale natężeń dobowych w *SDR*, jednak przekroczenia te są niewielkie w stosunku do możliwych przy wyznaczaniu L^p_{Aeq} na podstawie wybranego dnia i miesiąca w roku. Przy uwzględnieniu czterech profili zmienności sezonowej (*SO1 – SO4*) i pięciu profili zmienności tygodniowej (*TO1 – TO5*) uzyskano maksymalną różnicę: pomiędzy przyjętą wartością średnią dla roku a średnią wartością maksymalną (w zależności od profilu lipiec lub sierpień oraz piątek, poniedziałek lub wtorek – zgodnie z tab. 4.25 i 4.27) - 2,2 dB dla profilu *SO4* i 1,7 dB w pozostałych przypadkach oraz pomiędzy średnimi wartościami minimalnymi i maksymalnymi – 4,2 dB dla profilu *SO4* i 3,8 dB w pozostałych przypadkach (tab. 5.17).

Ponadto wstępne analizy wykazały duże zróżnicowanie wartości poziomu dźwięku, wyznaczonego przy użyciu u_c w odniesieniu do doby oraz do poszczególnych okresów doby. Największe różnice uzyskano dla okresu nocy, średnio 2,4% (zakres od 0,2 do 5,4 %) co odpowiada 1,6 dB (zakres od 0,1 do 3,6 dB). Potwierdza to konieczność uwzględniania dobowych profili zmienności pojazdów ciężkich a nie tylko udziału pojazdów ciężkich w *SDR*.

$$L^p_{Aeq} = 9,7 \log Q + 4,2 \log v + 0,1 u_c + 33,4 + \sum \Delta L^i_{Aeq} \text{ [dB]} \quad (5.1.2)$$

gdzie:

L^p_{Aeq} – podstawowy poziom hałasu drogowego w punkcie odniesienia, tj. w odległości $d=10$ m od krawędzi jezdni i na wysokości $H = 1,2$ m ($p = D$ odnosi się do pory dnia - godziny 6:00 – 22:00 natomiast $p = N$ do pory nocy - godziny 22:00-6:00),

Q – natężenie ruchu w obu kierunkach [P/h],

v – chwilowa prędkość średnia [km/h],

u_c – udział pojazdów ciężkich [%],

ΔL^i_{Aeq} – poprawki wynikające z dodatkowych wpływów między innymi: odległość od krawędzi jezdni, pokrycie terenu.

$$L_{DWN} = 10 \log \left[\frac{12}{24} * 10^{0,1 * L_D} + \frac{4}{24} * 10^{0,1 * (L_W + 5)} + \frac{8}{24} * 10^{0,1 * (L_N + 10)} \right] \text{ [dB]} \quad (5.1.3)$$

gdzie:

L_{DWN} – długookresowy średni poziom dźwięku A, wyznaczony w ciągu wszystkich dób w roku,

L_D, L_W, L_N – długookresowy średni poziom dźwięku A, wyznaczony w ciągu wszystkich pór odpowiednio: dnia (godziny 6:00 – 18:00), wieczoru (godziny 18:00-22:00), nocy (godziny 22:00-6:00) w roku na podstawie wzoru 5.1.2.

Uwaga: Przy ustalaniu wartości wskaźnika L_{DWN} powinno się uwzględnić zmienność warunków atmosferycznych i różnorodność czynników wpływających na rozchodzenie się hałasu w środowisku [76]. W pracy ze względu na brak danych pominięto ten wpływ.

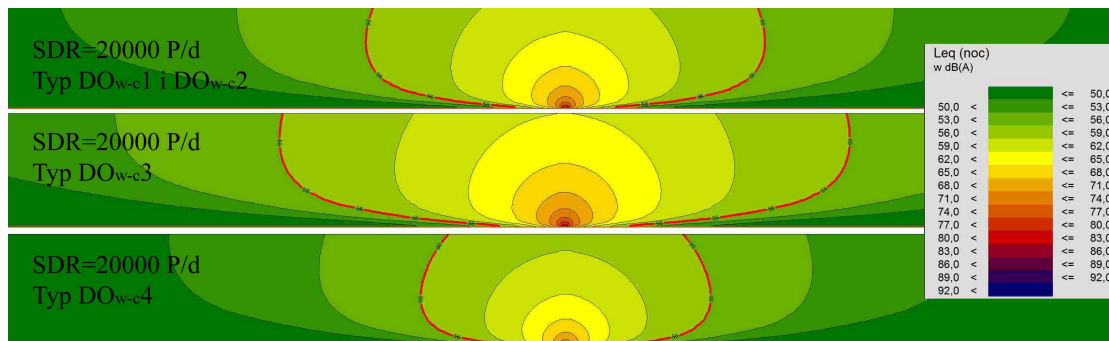
Tab. 5.17. Maksymalna różnica pomiędzy L_{Aeq}^p [dB] wyznaczonym dla wartości średnich w roku oraz największych i najmniejszych przy uwzględnieniu zmienności sezonowej i tygodniowej

profil zmienności sezonowej	powyżej przeciętnej (VII-SO3, SO4 lub VIII-SO1, SO2)	poniżej przeciętnej (I)	profil zmienności tygodniowej	powyżej przeciętnej (pt, pn-TO2, wt-TO5)	poniżej przeciętnej (nd lub sb-TO1, TO5)	łącznie zmienność sezonowa i tygodniowa	
						max - powyżej przeciętnej	max - poniżej przeciętnej
SO1	0,40	0,80	TO1	0,4	0,6	2,20	2,00
SO2	0,70	0,90	TO2	0,2	0,5	1,20	1,70
SO3	1,00	1,20	TO3	0,7	0,9	1,70	2,10
SO4	1,80	1,40	TO4	0,4	1,1	0,80	1,90
			TO5	0,8	1,5	1,20	2,30

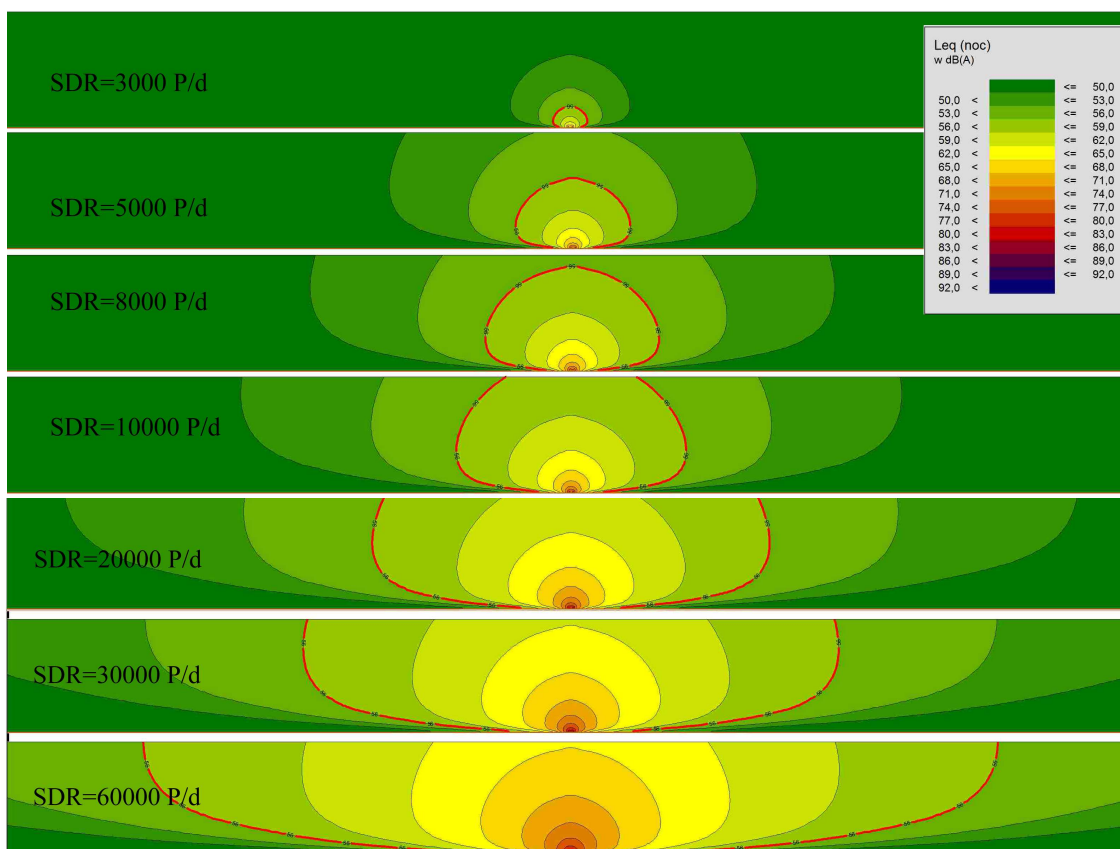
Do badań wzięto pod uwagę cztery profile zmienności dobowej ($DO_{w-c1} - DO_{w-c4}$, założono takie same profile na obu kierunkach ruchu) – zgodnie z tab. 5.16. Analizy prowadzono na odcinkach dróg przy różnym poziomie natężenia dobowego Q_d (3000 P/d, 5000 P/d, 10000 P/d, 20000 P/d, 30000 P/d i 60000 P/d w przekroju drogi) przy uwzględnieniu zmiennego udziału pojazdów ciężkich (10, 20 i 30% - stały w całej dobie) oraz średniej prędkości (średnioważona dla pojazdów lekkich i ciężkich – zgodnie z [73]) dla dnia/noc odpowiednio 75/85 km/h ($SDR < 5000$ P/d - drogi wojewódzkie), 80/90 km/h (5000 < $SDR < 10000$ P/d - drogi krajowe poza międzynarodowymi) oraz 85/95 km/h ($SDR > 10000$ P/d - drogi krajowe międzynarodowe). Uzyskane wyniki przy wykorzystaniu programu *SoundPLAN* 7.1 przedstawiono w tab. 5.18 oraz na rys. 5.20 i 5.21 (czerwoną linią zaznaczono dopuszczalny poziom hałasu w nocy = 56 [dB]).

Największe maksymalne różnice w poziomie dźwięku, określone dla profili $DO_{w-c1} - DO_{w-c4} / WDO_{s1} - WDO_{s3}$ (w punkcie odniesienia, tj. $d = 10$ m od krawędzi jezdni i $H = 1,2$ m), uzyskano odpowiednio w okresie nocy (około 5,6/2,0% co odpowiada 3,8/1,1 dB), następnie dla wieczoru (około 1,6/1,1% co odpowiada 1,1/0,7 dB) a najmniejsze dla dnia w godzinach 6:00-18:00 (około 1,3/0,3% co odpowiada 0,9/0,2 dB) oraz 6:00-22:00 (około 0,8/0,0% co odpowiada 0,6/0,0 dB). Wzrost natężenia ruchu powoduje wzrost poziomu dźwięku w zależności od pory dnia, poziomu SDR oraz profilu zmienności dobowej (rys.

5.22). Największe zróżnicowanie uzyskano dla: okresu nocy, poziomu $SDR < 20000$ P/d, profilu DO_{w-c3} (przy wzroście SDR z 10000 na 20000 P/d wzrost L_{Aeq}^N o 4,3% co odpowiada 3 dB). Wzrost udziału pojazdów ciężkich o 10% powoduje wzrost poziomu dźwięku o około 1,6% co odpowiada 1,1 dB niezależnie od wielkości SDR .



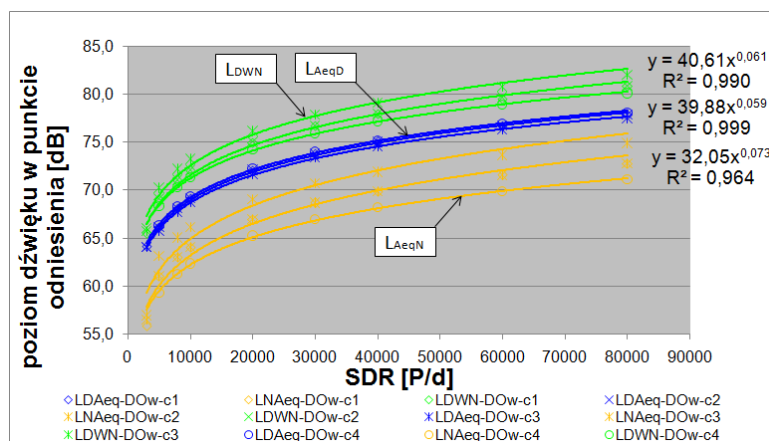
Rys. 5.20. L_{Aeq}^N dla profili zmienności dobowej $DO_{w-c1} - DO_{w-c4}$ przy poziomie $SDR = 20000$ P/d ($u_c = 30\%$, średnia prędkość = 95 km/h, zasięg hałasu po 500 m z każdej strony, wysokość punktu odbioru = 6 m)



Rys. 5.21. L_{Aeq}^N przy różnych wielkościach SDR (profil zmienności dobowej DO_{w-c2} i WDO_{s2}), $u_c=20\%$ dla $SDR=3000$ P/d oraz $u_c = 30\%$ dla $SDR > 3000$ P/d (zasięg hałasu po 500 m z każdej strony, wysokość punktu odbioru=6 m)

Tab. 5.18. Zestawienie wartości poziomu dźwięku [dB] w punkcie odniesienia, tj. w odległości 10 m od krawędzi jezdni i na wysokości $H = 1,2$ m

U _c [%]	WDO _ε 1			WDO _ε 2			WDO _ε 3					
	10	20	30	10	20	30	10	20	30			
V _{średnie} = 75 [km/h], V _{śmocz} = 85 [km/h]												
SDR = 3000 [P/d], DW												
L ^D _{Aeq} [dB]	64,1	65,2	66,3	64,1	65,2	66,3	64,1	65,2	66,3			
L ^N _{Aeq} [dB]	55,8	56,9	58,0	56,9	58,0	59,1	56,5	57,6	58,7			
L _{DWN} [dB]	65,5	66,6	67,7	66,0	67,1	68,2	65,7	66,8	67,9			
DO _{w-c} 1 DO _{w-c} 2 DO _{w-c} 3 DO _{w-c} 4												
U _c [%]	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
V _{średnie} = 80 [km/h], V _{śmocz} = 90 [km/h], DK												
SDR = 5000 [P/d]												
L ^D _{Aeq} [dB]	66,1	67,2	68,3	66,1	67,2	68,3	65,7	66,8	67,9	66,3	67,4	68,5
L ^N _{Aeq} [dB]	61,0	62,1	63,2	61,0	62,1	63,2	63,1	64,2	65,3	59,3	60,4	61,5
L _{DWN} [dB]	69,0	70,1	71,2	69,1	70,2	71,3	70,2	71,3	72,4	68,3	69,4	70,5
SDR = 8000 [P/d]												
L ^D _{Aeq} [dB]	68,1	69,2	70,3	68,1	69,2	70,3	67,7	68,8	69,9	68,3	69,4	70,5
L ^N _{Aeq} [dB]	63,0	64,1	65,2	63,0	64,1	65,2	65,0	66,1	67,2	61,3	62,4	63,5
L _{DWN} [dB]	71,0	72,1	73,2	71,1	72,2	73,3	72,2	73,3	74,4	70,3	71,4	72,5
V _{średnie} = 85 [km/h], V _{śmocz} = 95 [km/h], DK												
SDR = 10000 [P/d]												
L ^D _{Aeq} [dB]	69,2	70,3	71,4	69,2	70,3	71,4	68,8	69,9	71,0	69,4	70,5	71,6
L ^N _{Aeq} [dB]	64,0	65,1	66,2	64,0	65,1	66,2	66,1	67,2	68,3	62,3	63,4	64,5
L _{DWN} [dB]	72,0	73,1	74,2	72,1	73,2	74,3	73,2	74,3	75,4	71,3	72,4	73,5
SDR = 20000 [P/d]												
L ^D _{Aeq} [dB]	72,1	73,2	74,3	72,1	73,2	74,3	71,7	72,8	73,9	72,3	73,4	74,5
L ^N _{Aeq} [dB]	67,0	68,1	69,2	67,0	68,1	69,2	69,0	70,1	71,2	65,3	66,4	67,5
L _{DWN} [dB]	74,9	76,0	77,1	75,0	76,1	77,2	76,2	77,3	78,4	74,3	75,4	76,5
SDR = 30000 [P/d]												
L ^D _{Aeq} [dB]	73,8	74,9	76,0	73,8	74,9	76,0	73,4	74,5	75,6	74,0	75,1	76,2
L ^N _{Aeq} [dB]	68,7	69,8	70,9	68,7	69,8	70,9	70,7	71,8	72,9	67,0	68,1	69,2
L _{DWN} [dB]	76,8	77,7	78,8	76,8	77,9	79,0	77,9	79,0	80,1	76,0	77,1	78,2
SDR = 60000 [P/d]												
L ^D _{Aeq} [dB]	76,7	77,8	78,9	76,7	77,8	78,9	76,3	77,4	78,5	76,9	78,0	79,1
L ^N _{Aeq} [dB]	71,6	72,7	73,8	71,6	72,7	73,8	73,7	74,8	75,9	69,9	71,0	72,1
L _{DWN} [dB]	79,6	80,7	81,8	79,7	80,8	81,9	80,8	81,9	83,0	78,9	80,0	81,1



Rys. 5.22. Poziom hałasu w punkcie odniesienia w zależności od natężenia ruchu oraz profilu zmienności dobowej ($u_c=10\%$) – przykładowe równanie linii trendu dla profilu DO_{w-c}1

5.1.4. Wnioski

Na podstawie wszystkich przeprowadzonych analiz wrażliwości elementów sieci drogowej oraz jej otoczenia na zmiany natężenia ruchu można wysnuć następujące wnioski:

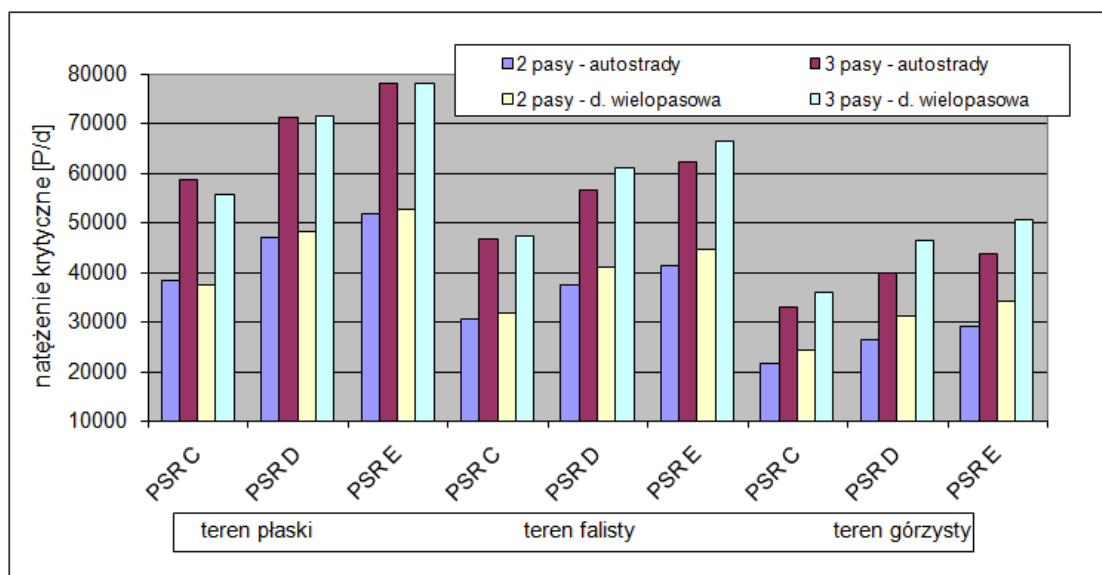
1. we wszystkich analizach istotnym czynnikiem wpływającym na warunki ruchu oraz przepustowość jest udział pojazdów ciężkich oraz rozkład kierunkowy. Nieodpowiedni dobór miarodajnych cech ruchu może powodować błędy w ocenie jakości ruchu (wystąpienie innych od zakładanych warunków ruchu, przepustowości),
2. różne obiekty drogowe oraz ich otoczenie wykazują różną wrażliwość na zmianę udziału pojazdów ciężkich oraz rozkładu kierunkowego tj.:
 - w przypadku odcinków drogowych:
 - wielkość wpływu udziału pojazdów ciężarowych zależy od rodzaju terenu oraz dla dróg dwupasowych dwukierunkowych od zakresu PSR (przy wzroście p_c z 10 do 30% najmniejszy wpływ uzyskano dla terenu płaskiego – 0%, największy dla terenu górzystego – spadek Q_k^E o 46,9%),
 - w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych, wpływ rozkładu kierunkowego: na warunki ruchu - zależy od rodzaju terenu oraz od zakresu PSR (przy zmianie rozkładu kierunkowego z 80/20 do 50/50 najmniejszy wpływ uzyskano dla terenu płaskiego i falistego - wzrost $Q_k^{C i D}$ nie przekracza 3%, największy dla terenu górzystego – wzrost Q_k^C o 17,3%); na przepustowość – jest zbliżony we wszystkich przypadkach (przy zmianie rozkładu kierunkowego z 80/20 do 50/50 następuje wzrost przepustowości o około 34%).
 - w przypadku skrzyżowań drogowych:
 - wpływ udziału pojazdów ciężkich na: warunki ruchu - zależy od grupy i typu skrzyżowań oraz od zakresu PSR (przy wzroście u_c z 10 do 30% najmniejszy wpływ uzyskano dla grupy II - duże dysproporcje obciążenia ruchem obu krzyżujących się kierunków – spadek Q_k^{III} o 5,6%, największy dla grupy I – równomierne obciążenie kierunków - spadek Q_k^{II} o 11,0% oraz dla rond spadek $Q_k^{II i III}$ średnio o 15,2%), przepustowość – zależy od grupy i typu skrzyżowań (przy zmianie u_c z 10 do 30% następuje spadek przepustowości w grupie I skrzyżowań o 20,0%, grupie II o 14,5%, a dla rond o 12,8%),
 - wpływ struktury kierunkowej na warunki ruchu i przepustowość zależy od grupy i typu skrzyżowań (przy jednoczesnej zmianie struktury kierunkowej na wszystkich wlotach uzyskano różnicę: w zakresie przepustowości – największą w grupie II równą 28,6%, najmniejszą w grupie I równą 22,6% oraz dla rond średnio 5,5%, w zakresie strat czasu – największą w grupie I równą 78,2%, najmniejszą w grupie II równą 56,7 oraz dla rond średnio 39,5%),

- w przypadku poziomu dźwięku, wpływ udziału pojazdów ciężkich nie zależy od wielkości *SDR* (wzrost u_c z 10 do 30% powoduje wzrost poziomu dźwięku o około 3,2% co odpowiada 2,2 dB),
3. różne obiekty drogowe oraz ich otoczenie wykazują różną wrażliwość na zmienność natężeń ruchu w dobie (profile zmienności dobowej $DO_{w-c1} - DO_{w-c4}$). W przypadku odcinków drogowych najmniejszą wrażliwość wykazują odcinki przebiegające w terenie płaskim i falistym oraz w przypadku autostrad także górzystym (dla $Q_d = 20000$ P/d w przekroju drogi i 30000 P/d w analizowanym kierunku maksymalna różnica wynosi jeden poziom swobody ruchu przy czym nie przekroczono *PSR D*). W terenie górzystym uzyskano znaczący wpływ zmiany natężenia w okresie doby na warunki ruchu szczególnie przy wysokim udziale pojazdów ciężarowych (maksymalna różnica wynosi dwa poziomy swobody ruchu oraz uzyskano *PSR F*). W przypadku skrzyżowań drogowych zmiana natężeń w okresie doby wpływa znacząco na warunki ruchu w zależności od typu profilu oraz w mniejszym stopniu w zależności od grupy skrzyżowań (maksymalna różnica dla skrzyżowań grupy I i II wynosi dwa poziomy swobody ruchu oraz w przypadku rond trzy). W przypadku poziomu dźwięku największy wpływ zmian natężeń ruchu w okresie doby uzyskano w okresie nocy (około 5,6% co odpowiada 3,8 dB) a najmniejszą dla dnia w godzinach 6:00-22:00 (około 0,8 % co odpowiada 0,6 dB).
4. różne obiekty drogowe oraz ich otoczenie wykazują różną wrażliwość na zmienność natężeń ruchu w roku. Nieprawidłowy wybór profilu zmienności powoduje niedokładność szacowania *SDR*, co z kolei może mieć istotny wpływ na ocenę jakości ruchu (w zależności od zachodzących zmienności natężeń ruchu tą samą wartość natężenia krytycznego uzyskuje się przy różnych poziomach *SDR*). W zależności od przyjętego profilu zmienności uzyskano maksymalne różnice pomiędzy wartościami *SDR* odpowiednio (w nawiasach podano przykładowe wartości odpowiednio dla odcinków /skrzyżowań reprezentatywnych - drogi dwupasowe dwukierunkowe, teren płaski, *PSR D* oraz skrzyżowań gr. I w odniesieniu do kierunku dominującego, *PSR III*):
- zmienność sezonowa: $SO1 - SO3 - 14,4\%$ (3437 P/d i 1327 P/d),
 - zmienność tygodniowa: $TO1 - TO2/TO3 - 14,3\%$ (3407 P/d, 1316 P/d), $TO1 - TO1/TO3 - 3,7\%$ (648 P/d, 250 P/d), $TO1 - TO3 - 2,0\%$ (334 P/d, 129 P/d),
 - zmienność dobową: $DO_{w-c3} - DO_{w-c4} - 25,9\%$ (6168 P/d, 2383 P/d), $DO_{w-c3}/DO_{nd1} - DO_{w-c4} - 15,3\%$ (3119 P/d, 1206 P/d),
 - łącznie $SO1 + TO1 + DO_{w-c3} - SO3 + TO1/TO3 + DO_{w-c4} - 38,9\%$ (9269 P/d, 3582 P/d).

W przypadku poziomu hałasu drogowego uzyskano maksymalne różnice pomiędzy L^p_{Aeq} wyznaczonym dla dni i miesięcy w roku o największym i najmniejszym natężeniu ruchu odpowiednio: zmienność tygodniowa $TO5 - 2,3$ dB, $TO3 - 1,6$ dB; zmienność sezonowa $SO3 - 2,2$ dB; zmienność sezonowa i tygodniowa $SO3 - TO3 - 3,8$ dB.

5.2. Wpływ natężenia ruchu na rozwiązania projektowe wybranych elementów sieci drogowej

W celu określenia wpływu natężeń ruchu na rozwiązania projektowe przeprowadzono analizę polegającą na ocenie związku wielkości natężenia krytycznego (dla określonego *PSR*), na geometrię dróg/skrzyżowań (liczba pasów ruchu, elementy przekroju poprzecznego, pochylenie podłużne). Analizy prowadzono na modelowych odcinkach dróg oraz skrzyżowań określonych w punkcie 5.1. Ponadto określono poziom natężenia ruchu przy którym następuje przekroczenie dopuszczalnych poziomów hałasu. Poniżej w tab. 5.19 oraz na rys. 5.23 przedstawiono uzyskane wyniki dla odcinków drogowych. W przypadku dróg wielopasowych oraz autostrad dodanie dodatkowego, trzeciego pasa ruchu powoduje zwiększenie natężenia krytycznego w jednym kierunku dla danego *PSR* o około 34%. W przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych przy zmianie pochylenia podłużnego z +3,0 na +4,5% oraz z -3,0 na -4,5% uzyskano jedynie znaczącą redukcję natężenia krytycznego na *PSR E* (o 37%) oraz przy jeździe pod górę na *PSR C* (o 14%). W pozostałych przypadkach nie wpłynęło to na zmianę natężenia krytycznego. Wartość natężenia krytycznego (przy określonym poziomie *PSR*) przy którym celowa jest rozbudowa przekroju (przy danym pochyleniu podłużnym) przedstawiono w tab. 5.8. Ponadto określono orientacyjną wartość *SDR* uwzględniając procentowy udział 50 godziny w natężeniu *SDR* [81] (w uproszczeniu założono że wyznaczone natężenie krytyczne odpowiada natężeniu 50 godziny) - tab. 5.20.



Rys. 5.23. Wpływ zmiany liczby pasów ruchu z 2 na 3 (w jednym kierunku), na warunki ruchu na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – drogi wielopasowe i autostrady

Uwaga: Wartości natężeń krytycznych odpowiadają najmniejszym uzyskanym wartościom tj. (teren falisty i górzysty) w przypadku dróg wielopasowych dla $p_c = 25\%$, dla autostrad $f_{zd} = 0,85$ [-]. Ze względu na dużo silniejszy wpływ czynnika znajomości drogi na autostradach, uzyskano na nich mniejsze wartości natężeń krytycznych w stosunku do drogi wielopasowej o tej samej liczbie pasów. Dla $p_c = 25\%$ i $f_{zd} = 0,95$ [-] uzyskano większe natężenie krytyczne dla autostrady.

Tab. 5.19. Poziom Q_{ds} przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana warunków ruchu (przy zmianie pochylenia podłużnego) – drogi dwupasowe dwukierunkowe (DOW-c4)

PSR	drogi dwupasowe dwukierunkowe - teren górzisty - Q_d [P/d]							
	jazda pod górę "+"				jazda w dół "-"			
	4,5	4,0	3,5	3,0	4,5	4,0	3,5	3,0
PSR C	4220	4900	4900	4900	4940	4940	4940	4940
PSR D	6690	6690	6690	6687	6640	6640	6640	6640
PSR E	18660	23480	23480	29620	18660	23480	23480	29620

Tab. 5.20. Poziom SDR przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana warunków ruchu

		SDR [P/d]								
		teren płaski			teren falisty			teren górzisty (+/-)		
		PSR C	PSR D	PSR E	PSR C	PSR D	PSR E	PSR C	PSR D	PSR E
drogi dwupasowe dwukierunkowe	SDR _G	5240	11800	23140	2280	10610	21590	2030 / 2270	3650 / 3670	10740 / 11150
	SDR _T	6980	15270	17880	3040	13730	16680	2710 / 3020	4870 / 4900	8300 / 8620
	SDR _R	8150	18040	15130	3540	16220	14120	3160 / 3530	5680 / 5710	7020 / 6770
drogi wielopasowe	SDR _G	28380	35010	39040	23420	28480	31100	16480	20040	21880
	SDR _T	21930	28650	31950	18100	23300	25450	12740	16400	17900
	SDR _R	18550	24240	27030	15320	19720	21530	10780	13880	15150
autostrady	SDR _G	28280	34690	38140	22530	27640	30380	15850	19450	21380
	SDR _T	21850	26810	29470	17410	21350	23470	12250	15030	16520
	SDR _R	18490	22680	24940	14730	18070	19860	10360	12720	13980

G - ruch gospodarczy, T - ruch turystyczny, R - ruch rekreacyjny

W przypadku skrzyżowań drogowych uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 5.21 (orientacyjna wartość SDR tylko przy założeniu gospodarczego charakteru ruchu na obu krzyżujących się drogach – $Q_{50}/SDR = 9,0$ lub $8,5\%$ odpowiednio dla $SDR <$ lub ≥ 10000 P/d). W przypadku skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu zastosowanie dodatkowego pasa na wlocie podporządkowanym powoduje wzrost natężenia krytycznego (suma natężeń na skrzyżowaniu w sytuacji gdy na jednym z wlotów następuje przejście z $PSR(i)$ na $PSR(i+1)$ na $PSR II$ i III średnio o:

- grupa I - dodatkowy pas na wlocie: C – $5,8\%$; D – $0,5\%$; C i D – $7,9\%$,
- grupa II – dodatkowy pas na wlocie: C – $4,0\%$; D – $1,2\%$.

W przypadku rond zastosowanie dodatkowego pasa dla skrętu w prawo poza jezdnią ronda jedynie na wlocie krytycznym (B), powoduje wzrost natężenia krytycznego na $PSR II$ i III o $4,8\%$ (skręt w prawo nie tworzy natężenia nadrzędnego następnego wlotu). Wydzielenie relacji skrętu w prawo na danym wlocie wpływa znacząco na warunki ruchu na tym wlocie (spadek strat czasu nawet o 42%). W przypadku zastosowania ronda semi-dwupasowego dodatkowy pas na wlocie krytycznym powoduje wzrost natężenia krytycznego o $20,7\%$ natomiast w pozostałych przypadkach o $14,0\%$. Przy zastosowaniu ronda dwupasowego (po dwa pasy na każdym wlocie) uzyskano wzrost natężenia krytycznego o $64,6\%$. Pozostawienie jednego wlotu jednopasowego powoduje spadek natężenia krytycznego w stosunku do wszystkich wlotów dwupasowych średnio o: $28,7\%$ dla jednopasowego wlotu na kierunku bardziej obciążonym (A lub B) w pozostałych przypadkach o: $21,1\%$ dla jednopasowego wlotu o większym udziale relacji skrętu w prawo niż w lewo (C) i $13,6\%$ dla jednopasowego wlotu o równych udziałach relacji skrętnych (D). W przypadku zastosowania jedynie dwóch pasów na jednym z wlotów uzyskano wzrost

natężenia krytycznego w stosunku do ronda jednopasowego średnio o: 20,8% dla wlotu krytycznego oraz 14,0% na pozostałych wlotach. Wartość natężenia krytycznego (przy określonym poziomie PSR) przy którym celowa jest rozbudowa przekroju lub zmiana typu skrzyżowania podano w tab. 5.14.

Tab. 5.21. Poziom Q_d przy którym wraz ze zmianą natężenia następuje zmiana PSR

		$Q_d = (Q_k \cdot 100) / 7,835 [P/d]$								
		skrzyżowanie z pierwszeństwem przejazdu				rondo jednopasowe			rondo semidwupasowe	
		1 pas na wlocie C i D	2 pasy na wlocie C	2 pasy na wlocie D	2 pasy na wlocie C i D	1 pas na wlocie A, B, C, D	dod. pas dla skr. w prawo - wlot A, C, D, AC, AD, DC, ACD	dod. pas dla skreću w prawo - wlot B, AB, BC, BD, ABC,	dod. pas na wlocie A, C, D, AC, AD, DC, ACD	dod. pas na wlocie B, AB, BC, BD, ABC, BCD,
grupa I	PSRII	12470	13150	12530	13520	23870	23870	25020	27310	28970
	PSRIII	13610	14440	13670	14630	25460	25460	26680	28910	30570
grupa II	PSRII	16960	17640	17170						
	PSRIII	19020	19800	19250						
		$Q_d = (Q_k \cdot 100) / 7,835 [P/d]$								
		rondo dwupasowe								
		2 pasy na wlocie A, B, C, D	jednopasowo - wy wlot A	jednopasowo - wy wlot B	jednopasowo - wy wlot C	jednopasowy wlot D	tylko dwupasowy wlot A	tylko dwupasowy wlot B	tylko dwupasowy wlot C	tylko dwupasowy wlot D
grupa I	PSRII	39820	28970	27310	31020	34010	27310	28970	27310	27310
	PSRIII	41350	30630	28910	32930	36120	28910	30630	28910	28910

Ze względu na ochronę zdrowia i komfort przebywania w otoczeniu dróg stosuje się ograniczenia dopuszczalnego poziomu hałasu, zależne od charakteru miejsca jego odbioru [28]. W tab. 5.22 przedstawiono dopuszczalne poziomy hałasu powodowanego przez ruch drogowy w Polsce oraz w tab. 5.23 wielkości SDR przy której występują te wartości. Średnie prędkości potoku ruchu i udział pojazdów ciężkich przyjęto jak w punkcie 5.1.2, wysokość punktu odbioru 6,0 m (zabudowa piętrowa), teren płaski pokryty trawą oraz odległość od krawędzi jezdni 175 m, 95 m, 45 m, 27 m, 24 m, 22 m i 5 m (odpowiadające wartościom minimalnym i minimalnym zalecanym zgodnie z [73]).

Przy uwzględnieniu rzeczywistego natężenia pojazdów ciężkich (np. wzrost udziału w natężeniu ruchu o ponad 10% w nocy w stosunku do dnia – średnio 16,4% dla danych pochodzących ze stacji *Golden River* w 2010 roku) najmniejsze dopuszczalne wartości SDR uzyskano w przypadku dróg krajowych dla okresu nocy. W przypadku dróg wojewódzkich dla okresu dnia. Największe różnice pomiędzy wartościami SDR (w zakresie realnych wartości) uzyskanymi dla profili $DWO_{s1} - DWO_{s3}$, $DO_{w-c1} - DO_{w-c4}$ wynoszą średnio odpowiednio dla DW, DK poza drogami międzynarodowymi i DK międzynarodowych:

- dla L_{Aeq}^D : 2,3%, 21,6%, 12,9%,
- dla L_{Aeq}^N : 25,2 %, 59,0 %, 144,4%,
- dla L_{DWN} : 13,1 %, 57,9 %, 57,2%.

Ponadto wzrost udziału pojazdów ciężkich o 10% powoduje spadek dopuszczalnej wartości SDR średnio o 23% (niezależnie od pory dnia).

Tab. 5.22. Dopuszczalne poziomy hałasu powodowanego przez ruch drogowy, wyrażone wskaźnikami:
a) L_{Aeq}^D i L_{Aeq}^N , b) L_{DWN} i L_N (źródło [77])

Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu [dB]			
	L_{AeqD}	L_{AeqN}	L_{DWN}	L_N
a) strefa ochronna "A" uzdrowiska b) tereny szpitali poza miastem	50	45	50	45
a) tereny zabudowy mieszkalnej jednorodzinnej b) tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży c) tereny domów opieki i tereny szpitali w miastach	61	56	64	59
a) tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) tereny zabudowy zagrodowej c) tereny rekreacyjno-wypoczynkowe d) tereny mieszkaniowo-usługowe	65	56	68	59
Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców ze zwartą zabudową mieszkaniową i koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych	68	60	70	65

Tab. 5.23. Poziom SDR [P/d] przy którym występują graniczne wartości poziomu hałasu dla: a) L_{Aeq}^D , b) L_{Aeq}^N c) L_{DWN}

a) odległość zabudowy od krawędzi jezdni drogi [m]	$u_c=10\%$				$u_c=20\%$				$u_c=30\%$			
	$L_{Aeq}^D = 61$ [dB]											
	SDR < 5000 [P/d] DW, $v_{\text{śrdzień}} = 75$ [km/h], $v_{\text{śrnoc}} = 85$ [km/h]											
	WDO ₁	WDO ₂	WDO ₃		WDO ₁	WDO ₂	WDO ₃		WDO ₁	WDO ₂	WDO ₃	
45	10000	10400	10300		7800	8000	7800		6000	6100	6100	
24	4000	4100	4100		3100	3200	3150		2400	2450	2400	
22	3600	3700	3600		2750	2800	2800		2100	2150	2150	
5	1100	1100	1100		800	850	850		650	650	650	
	5000 < SDR < 10000 [P/d] DK poza drogami międzynarodowymi, $v_{\text{śrdzień}} = 80$ [km/h], $v_{\text{śrnoc}} = 90$ [km/h]											
	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}
95	34000	33500	37000	32000	23000	24000	28000	22500	18000	18500	21500	17500
24	4200	4200	4600	4000	2900	3000	3500	2800	2250	2300	2700	2150
22	3700	3700	4100	3600	2600	2650	3100	2500	2000	2050	2400	1900
	SDR > 10000 [P/d] DK międzynarodowe, $v_{\text{śrdzień}} = 85$ [km/h], $v_{\text{śrnoc}} = 95$ [km/h]											
	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}
175	180000	176000	195000	170000	138000	138000	149000	130000	105000	105000	115000	100000
27	9800	9800	10800	9500	7600	7600	8400	7300	5800	5800	6400	5600
24	8400	8400	9100	8000	6400	6400	7000	6100	5000	5000	5500	4700

b) odległość zabudowy od krawędzi jezdni drogi [m]	$u_c=10\%$				$u_c=20\%$				$u_c=30\%$			
	$L_{Aeq}^N = 56$ [dB]											
	SDR < 5000 [P/d] DW, $v_{\text{śrdzień}} = 75$ [km/h], $v_{\text{śrnoc}} = 85$ [km/h]											
	WDO ₁	WDO ₂	WDO ₃		WDO ₁	WDO ₂	WDO ₃		WDO ₁	WDO ₂	WDO ₃	
45	22000	17000	18700		17000	13300	14500		13300	10200	11200	
24	9000	6900	7500		6900	5300	5800		5400	4100	4500	
22	8000	6000	6700		6200	4700	5200		4700	3600	4000	
5	2400	1800	2000		1900	1400	1600		1450	1100	1250	
	5000 < SDR < 10000 [P/d] DK poza drogami międzynarodowymi, $v_{\text{śrdzień}} = 80$ [km/h], $v_{\text{śrnoc}} = 90$ [km/h]											
	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}
95	34500	34500	21000	52000	26500	26500	16500	40000	20500	20500	12500	31000
24	4300	4300	2650	6500	3300	3300	2050	5000	2600	2600	1600	3900
22	3850	3850	2350	5800	3000	3000	1850	4500	2300	2300	1400	3400
	SDR > 10000 [P/d] DK międzynarodowe, $v_{\text{śrdzień}} = 85$ [km/h], $v_{\text{śrnoc}} = 95$ [km/h]											
	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}
175	90000	90000	55000	135000	69000	69000	42000	105000	53000	53000	33000	80000
27	5000	5000	3100	7500	3850	3850	2350	5800	3000	3000	1850	4500
24	4200	4200	2600	6350	3250	3250	2000	4900	2550	2550	1550	3800

c) odlegoŹci zabudowy od krawędzi jezdni drogi [m]	uc=10%				uc=20%				uc=30%			
	L _{DWH} = 64 [dB]											
	SDR < 5000 [P/d] DW, v _{Źrzdzień} = 75 [km/h], v _{Źrnoc} = 85 [km/h]											
	WDO _{Ź1}	WDO _{Ź2}	WDO _{Ź3}		WDO _{Ź1}	WDO _{Ź2}	WDO _{Ź3}		WDO _{Ź1}	WDO _{Ź2}	WDO _{Ź3}	
45	15000	13300	14000		11500	10300	10700		8900	7900	8400	
24	5900	5300	5600		4600	4100	4300		3500	3150	3300	
22	5300	4700	5000		4100	3600	3900		3150	2800	3000	
5	1600	1400	1500		1250	1100	1200		950	850	900	
	5000 < SDR < 10000 [P/d] DK poza drogami międzynarodowymi, v _{Źrzdzień} = 80 [km/h], v _{Źrnoc} = 90 [km/h]											
	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}
95	35000	34000	26000	41000	27000	26000	20000	32000	20500	20000	15500	24500
24	4400	4200	3250	5200	3400	3300	2500	4000	2600	2550	1950	3100
22	3900	3800	2900	4600	3000	2900	2250	3500	2300	2250	1750	2700
	SDR > 10000 [P/d] DK międzynarodowe, v _{Źrzdzień} = 85 [km/h], v _{Źrnoc} = 95 [km/h]											
	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}	DO _{w-c1}	DO _{w-c2}	DO _{w-c3}	DO _{w-c4}
175	90000	88000	67000	107000	69000	68000	69000	67000	53000	52000	40000	63000
27	5000	4900	3800	6000	3900	3800	2900	4600	3000	2900	2250	3500
24	4200	4150	3200	5000	3300	3200	2450	3850	2550	2500	1900	3000

5.2.1. MożliwoŹci zmian rozwiązań projektowych dla poprawy warunków ruchu

W celu zwiększenia przepustowoŹci i poprawy warunków ruchu na odcinkach i skrzyżowaniach drogowych stosuje się między innymi następujące rozwiązania projektowe:

- dodatkowy pas: w przypadku dróg wielopasowych w jednym lub w obu kierunkach oraz w przypadku skrzyżowań drogowych na drodze nadrzędnej (ze względu na bezpieczeŹstwo ruchu drogowego oraz niewielką poprawę przepustowoŹci nie stosuje się dodatkowych pasów na wlocie podporządkowanym poza terenem zabudowy),
- zmianę geometrii przekroju poprzecznego (zwiększenie szerokoŹci pasów oraz dodatkowo w przypadku odcinków drogowych poboczy, dodanie pasa dzielącego kierunki ruchu).

W celu zapobiegnięcia i ograniczenia uciążliwoŹci hałasu stosuje się między innymi następujące rozwiązania projektowe:

- dla ograniczenia emisji hałasu u jego Źródła – unikanie dużyh wzniesień, zapewnienie płynnoŹci ruchu z ograniczeniem zatrzymań i przyspieszeń pojazdów,
- dla ograniczenia moŹliwoŹci rozprzestrzeniania się hałasu – prowadzenie drogi w wykopie lub tunelu, ekrany akustyczne,
- dla ochrony u odbiorcy – kontrola lokalizacji zabudowy, wielowarstwowe przegrody budowlane, specjalne okna itp.

5.3. Wpływ natężenia ruchu na eksploatację wybranych elementów sieci drogowej

W celu okreŹlenia wpływu natężeń ruchu na eksploatację odcinków drogowych oraz skrzyżowań przeprowadzono analizę, polegającą na badaniu jakoŹci funkcjonowania obiektu drogowego przy okreŹlonych zmianach natężeń w poszczególnych dniach, przy załoŹeniu utrzymania dopuszczonego standardu warunków ruchu zgodnie z [58, 59, 75, 119]. Analizy prowadzono na modelowych odcinkach dróg oraz skrzyżowaniach okreŹlonych w punkcie 5.1. W analizach uwzględniono 7 typów zmiennoŹci dobowej (DO_{w-c1} - DO_{w-c4} , DO_{pn} , DO_{pt} ,

DO_{nd1} – tab. 4.23 i 4.24), 3 typy zmienności tygodniowej ($TO1$ – $TO3$) oraz w przypadku autostrad – jeden typ zmienności dobowej (DO_{w-c3}) i dwa typy zmienności tygodniowej ($TO4$, $TO5$). Ponadto założono że profile zmienności dobowej DO_{w-c1} - DO_{w-c3} mogą występować w dniach od poniedziałku do piątku, DO_{w-c4} od niedzieli do piątku natomiast profil DO_{pn} tylko w poniedziałki, DO_{pt} tylko w piątki oraz DO_{nd1} tylko w niedziele i tylko przy tygodniowej zmienności ruchu – $TO2$. Dla każdego typu zmienności dobowej i tygodniowej dla godziny o największym udziale natężenia w ruchu dobowym (np. DO_{w-c1} godzina 7^{00} – 8^{00}) i dla dnia tygodnia o największym udziale w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia (największe natężenie dobowe) wyznaczono następujące parametry Q_k^i , v_{po} , u_k , SDR_d , d , L_k oraz odpowiadającą wartość natężenia godziny o największym udziale w ruchu dobowym, dla dnia tygodnia o najmniejszym udziale w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia, dla dni od poniedziałku do piątku. Ponadto podjęto próbę określenia celowej rezerwy przepustowości rozumianej jako: wymagany (zakładany) w procesie projektowania lub zapewniający sprawność eksploatacji obiektu zapas przepustowości (różnica między przepustowością i natężeniem miarodajnym) pozwalający na funkcjonowanie danego obiektu drogowego w określonych (pożądanych) warunkach (PSR) przy uwzględnieniu typowej (miarodajnej) zmienności natężenia ruchu. Ponieważ wstępne analizy wykazały, że w przypadku profili zmienności dobowej celowe rezerwy zabezpieczające przed błędnym ich wyborem są zbyt duże i w praktyce nierealne do zastosowania (przykładowo dla skrzyżowań grupy II, profil $TO1$, $PSR III$ – celowa rezerwa oznacza przyjęcie granicznych strat czasu jak dla $PSR I$ równych 15 s/P), dalsze analizy prowadzono wyłącznie w odniesieniu do zmienności w obrębie dni tygodnia. Poniżej w tab. 5.24 przedstawiono uzyskane wyniki (w przypadku SDR_d przykładowo dla profilu zmienności tygodniowej $TO1$ –skrzyżowania drogowe).

Celową rezerwę przepustowości zapewnia projektowanie na v_{po} , u_k , k , d , L_k zależnie od sytuacji zgodnie z tab. 5.24 - kolor szary (w tabeli dodatkowo podano wartość natężenia krytycznego przy braku i uwzględnieniu celowej rezerwy przepustowości). Przy takim podejściu nawet przy skrajnie niekorzystnym doborze reprezentatywnego dnia tygodnia (dzień o najmniejszym udziale natężenia w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia) będą zapewnione zakładane warunki ruchu. W celu uniknięcia najbardziej niekorzystnego wariantu (błędny wybór dnia i zmienności tygodniowej) można przyjąć w przypadku odcinków drogowych wartości jak dla profilu $TO3$ i $TO5$ oraz dla skrzyżowań drogowych $TO2$ (w przypadku przyjęcia profilu $TO3$ powstają zbyt duże, ekonomicznie nieuzasadnione rezerwy przepustowości przy równocześnie małym prawdopodobieństwie pomyłki z profilami $TO1$ i $TO2$).

Tab. 5.24. Miary warunkow ruchu, dla dnia o najwiekszym i odpowiadajacym mu dniu o najmniejszym, udziale natezenia w przecietnym natezeniu dobowym tygodnia a) odcinki drogowe, b) skrzyzowania drogowe

a)			drogi dwupasowe dwukierunkowe																				
			TO1				TO2				TO3												
			Q _k , Q [P/h/2p]	V ₉₅ [km/h]	u _k [%]	k [s.o./k m/pas]	Q _k , Q [P/h/2p]	V ₉₅ [km/h]	u _k [%]	k [s.o./k m/pas]	Q _k , Q [P/h/2p]	V ₉₅ [km/h]	u _k [%]	k [s.o./k m/pas]									
teren plaski	PSR C	max	898	70,0	81,0					898	70,0	81,0					898	70,0	81,0				
		min pn-pt	836	70,8	58,8					827	70,9	58,5						710	72,4	53,7			
	PSR D	max	1855	80,5	80,0					1855	80,5	80,0					1855	80,5	80,0				
		min pn-pt	1545	81,9	77,9					1528	82,1	77,5					1312	85,0	72,5				
teren falisty	PSR C	max	858	70,0	81,1					858	70,0	81,1					858	70,0	81,1				
		min pn-pt	612	70,8	59,5					605	70,7	59,2					520	71,8	55,8				
	PSR D	max	1536	80,0	79,9					1536	80,0	79,9					1536	80,0	79,9				
		min pn-pt	1433	81,4	77,9					1418	81,6	77,6					1218	84,4	73,6				
teren gorzysty i=+4,5%	PSR C	max	332	70,0	59,3					332	70,0	59,3					332	70,0	59,3				
		min pn-pt	310	70,8	57,5					307	70,9	57,4					283	72,5	53,7				
	PSR D	max	524	87,4	79,9					524	87,4	79,9					524	87,4	79,9				
		min pn-pt	489	87,9	78,0					484	87,9	77,9					415	88,3	70,2				
teren gorzysty i=-4,5%	PSR C	max	388	71,1	64,9					388	71,1	64,9					388	71,1	64,9				
		min pn-pt	362	71,5	61,7					358	71,5	61,4					307	72,3	57,5				
	PSR D	max	520	89,7	80,0					520	89,7	80,0					520	89,7	80,0				
		min pn-pt	485	70,0	77,7					480	70,1	77,2					412	70,7	69,1				
			drogi wielopasowe																				
teren plaski	PSR C	max	2300			16,0	2300			16,0	2300			16,0	2300				16,0				
		min pn-pt	2147			14,8	2123			14,6	1823			12,6	1823				12,6				
teren falisty	PSR C	max	1957			16,0	1957			16,0	1957			16,0	1957				16,0				
		min pn-pt	1826			14,8	1807			14,6	1552			12,6	1552				12,6				
teren gorzysty	PSR C	max	1489			16,0	1489			16,0	1489			16,0	1489				16,0				
		min pn-pt	1390			14,8	1375			14,6	1181			12,6	1181				12,6				
			autostrady																				
			TO4				TO5																
teren plaski	PSR C	max	2799			16,0	2799			16,0	2799			16,0	2799				16,0				
		min pn-pt	2629			14,8	2024			11,1	2024			11,1	2024				11,1				
teren falisty	PSR C	max	2229			16,0	2229			16,0	2229			16,0	2229				16,0				
		min pn-pt	2093			14,7	1812			11,1	1812			11,1	1812				11,1				
teren gorzysty	PSR C	max	1588			16,0	1588			16,0	1588			16,0	1588				16,0				
		min pn-pt	1472			14,7	1134			11,1	1134			11,1	1134				11,1				

b)			TO1									
			Q _k , Q [P/h]	max d _{W.A.R.C.O} [s/P]	max L _{W.A.R.C.O} [m]	DO _{W.C} 1 SDR _c [P/d]	DO _{W.C} 2 SDR _c [P/d]	DO _{W.C} 3 SDR _c [P/d]	DO _{W.C} 4 SDR _c [P/d]	DO _{pn} SDR _c [P/d]	DO _{pt} SDR _c [P/d]	
skrzyzowanie z pierwszenstwem przejazdu	grupa I	PSR II	max	977	30,0	38,0	13490	12770	15270	11310	12540	13530
		min pn-pt	912	22,7	31,0							
	PSR III	max	1088	49,9	37,8	14720	13930	16660	12340	13680	14780	
		min pn-pt	995	32,8	38,0							
grupa II	PSR II	max	1329	29,9	14,0	18350	17370	20770	15390	17050	18400	
		min pn-pt	1240	23,8	14,0							
	PSR III	max	1490	49,8	21,0	20570	19470	23280	17250	19120	20630	
		min pn-pt	1391	35,9	21,0							
rondo jednopasowe	grupa I	PSR II	max	1870	29,5	85,0	25810	24440	29220	21650	23990	25890
		min pn-pt	1745	20,5	68,0							
	PSR III	max	1995	49,3	131,0	27540	26070	31170	23090	25590	27620	
		min pn-pt	1881	28,7	85,0							
			TO2			TO3						
			Q _k , Q [P/h]	max d _{W.A.R.C.O} [s/P]	max L _{W.A.R.C.O} [m]	Q _k , Q [P/h]	max d _{W.A.R.C.O} [s/P]	max L _{W.A.R.C.O} [m]				
skrzyzowanie z pierwszenstwem przejazdu	grupa I	PSR II	max	977	30,0	38,0	977	30,0	38,0			
		min pn-pt	902	21,8	31,0	775	14,3	16,0				
	PSR III	max	1088	49,9	37,8	1088	49,9	37,8				
		min pn-pt	984	31,1	38,0	845	17,8	23,0				
grupa II	PSR II	max	1329	29,9	14,0	1329	29,9	14,0				
		min pn-pt	1227	23,1	14,0	1053	15,5	7,0				
	PSR III	max	1490	49,8	21,0	1490	49,8	21,0				
		min pn-pt	1375	34,3	14,0	1181	20,6	14,0				
rondo jednopasowe	grupa I	PSR II	max	1870	29,5	85,0	1870	29,5	85,0			
		min pn-pt	1726	19,5	59,0	1483	11,7	33,0				
	PSR III	max	1995	49,3	131,0	1995	49,3	131,0				
		min pn-pt	1842	27,0	79,0	1582	14,1	46,0				

W przypadku emisji poziomu dźwięku przeprowadzono analogiczne analizy jak dla odcinków drogowych (profile zmiennoŝci dobowej zgodnie z tab.5.16 – wtorek - czwartek). Ze względu na decydujący wpływ L_{Aeq}^N analizy prowadzono w odniesieniu do okresu nocy. Dla wszystkich odcinków założono teren płaski, udział pojazdów ciężkich dzień/noc 10/20% oraz średnią prędkość dzień/noc na podstawie [73]:

- dla dróg dwupasowych dwukierunkowych: odpowiednio 80/90 km/h,
- dla dróg wielopasowych: odpowiednio 85/95 km/h,
- dla autostrad: odpowiednio 100/110 km/h.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 5.25. Celową rezerwę przepustowoŝci z uwagi na limity hałasu zapewnia projektowanie na L_{Aeq}^N zależnie od sytuacji zgodnie z tab. 5.25 (kolor szary). W celu uniknięcia najbardziej niekorzystnego wariantu (błędny wybór dnia tygodnia oraz profilu zmiennoŝci tygodniowej) można przyjąć w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych wartoŝci jak dla profilu *TO3* natomiast dla autostrad *TO5*.

Tab. 5.25. Poziom dźwięku – odcinki drogowe

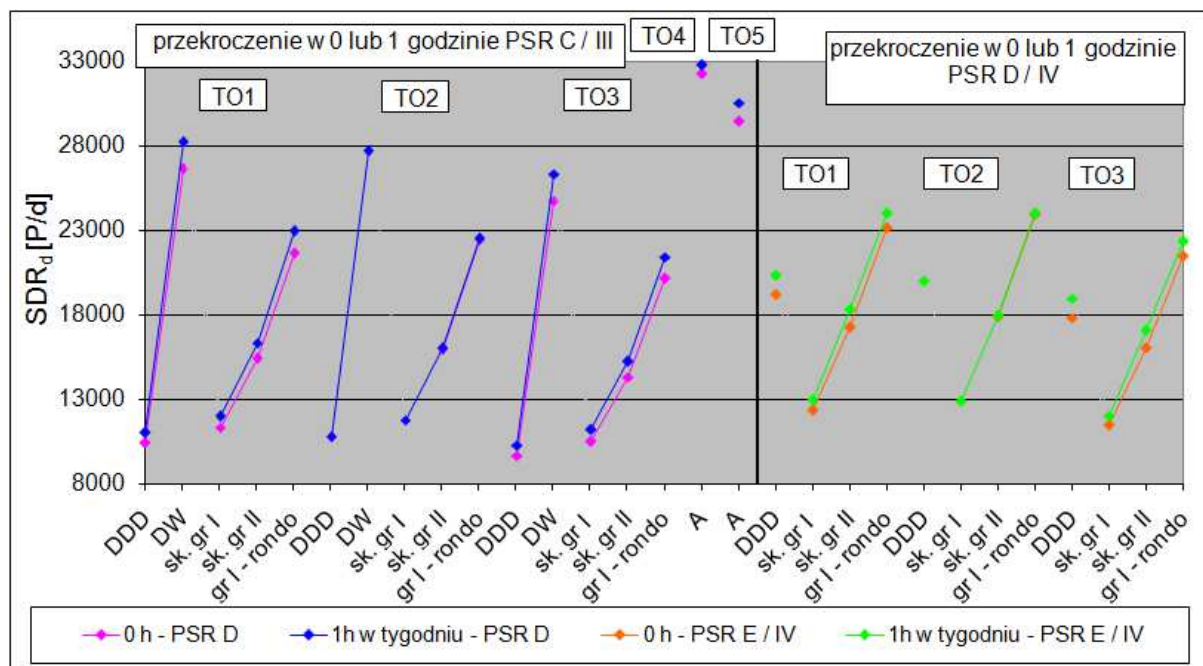
teren płaski		TO1		TO2		TO3		TO4		TO5	
		Q_{dN}, Q_N [P/h]	L_{Aeq}^N [dB]	Q_{dN}, Q_N [P/h]	L_{Aeq}^N [dB]	Q_k, Q [P/h/2p]	L_{Aeq}^N [dB]	Q_{dN}, Q_N [P/h]	L_{Aeq}^N [dB]	Q_{dN}, Q_N [P/h]	L_{Aeq}^N [dB]
drogi dwupasowe dwukierunkowe	max	80	58,0	80	58,0	80	58,0				
	min pn-pt	80	55,8	80	55,8	59	55,0				
	min sb-nd	59	55,0	60	55,1	59	54,5				
drogi wielopasowe	max	82	58,0	82	58,0	82	58,0				
	min pn-pt	82	55,7	81	55,7	81	55,0				
	min sb-nd	81	55,0	81	55,2	80	54,5				
autostrady	max							87	58,0	87	58,0
	min pn-pt							82	55,7	48	54,8
	min sb-nd							48	54,5	39	53,8

Ponadto dla dróg dwupasowych dwukierunkowych dla godzin wyraźnego szczytu (DO_{w-c4}) przeprowadzono dodatkowe analizy w których dopuszczono przekroczenie natężenia krytycznego odpowiednio dla: 1 i 2 godzin w dniu tygodnia o największym udziale natężenia w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia (przejazd jednego więcej pojazdu oznacza przekroczenie natężenia krytycznego odpowiednio w 2 i 3 godzinach) oraz 1 godziny w całym tygodniu (przejazd jednego więcej pojazdu oznacza przekroczenie natężenia krytycznego w 2 godzinach). Ze względu na zbyt dużą liczbę dni w których występuje przekroczenie natężenia krytycznego w przypadku dopuszczenia przekroczeń w dniu o największym udziale natężenia w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia (tab. 5.26 – przekroczenie natężenia przynajmniej w jednej godzinie w dobie) dalsze analizy prowadzono wyłącznie przy dopuszczeniu przekroczeń w jednej godzinie w tygodniu (rys. 5.24, tab. 5.27 i 5.28). Przy takim podejŝciu droga/skrzyżowanie mogło by przenosić większe natężenie SDR_d w przypadku: dróg dwupasowych dwukierunkowych i wielopasowych (*PSR C i D*) dla profilu *TO1* i *TO3* o 6,2%, dla profilu *TO2* o 0,4%, dla autostrad (*PSR C i D*) o 1,6 i 3,8% (profil *TO4, TO5*), w przypadku skrzyżowań odpowiednio dla *PSR II* i *PSR III* dla profilu *TO1* i *TO3* o 6,2 % i 5,0 % oraz dla profilu *TO2* o 0,4 %. Przykładowo dla profilu *TO1* można

przy takim podejściu maksymalnie zredukować celową rezerwę przepustowości średnio o 1,0% wg kryterium średniej prędkości podróży, o 2,7% wg kryterium procentu czasu jazdy w kolumnie, o 6,8% wg kryterium gęstości dla dróg wielopasowych oraz w przypadku skrzyżowań drogowych wg kryterium strat czasu o 29,4%.

Tab. 5.26. Liczba dni w tygodniu z przekroczoną wartością Q_k przy dopuszczeniu przekroczeń o 1 i 2 godziny w dniu o największym udziale w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia

drogi dwupasowe dwukierunkowe - profil $DO_{w-c}4$			TO1	TO2	TO3
teren płaski	2h w max dniu	PSR C	5	4	1
		PSR D	5	4	1
	1h w max dniu	PSR C	2	4	1
		PSR D	3	4	1
teren falisty	2h w max dniu	PSR C	5	4	1
		PSR D	5	4	1
	1h w max dniu	PSR C	2	4	1
		PSR D	3	4	1
teren górzysty $i=+4,5\%$	2h w max dniu	PSR C	5	4	1
		PSR D	5	4	1
	1h w max dniu	PSR C	2	3	1
		PSR D	2	3	1
teren górzysty $i=-4,5\%$	2h w max dniu	PSR C	5	4	1
		PSR D	5	4	1
	1h w max dniu	PSR C	2	3	1
		PSR D	2	3	1



Rys. 5.24. SDR_d przy dopuszczeniu przekroczenia natężenia krytycznego o 1 godzinę w całym tygodniu (drogi dwupasowe dwukierunkowe - DDD, wielopasowe - DW i autostrady - A - teren płaski)

Tab. 5.27. Miary warunków ruchu przy dopuszczeniu przekroczenia natężenia krytycznego w jednej godzinie w tygodniu – odcinki drogowe

profil $DO_{w-c}4$ dla wartości max pn-nd			d. dwupasowe dwukierunkowe			profil $DO_{w-c}4$ (dla autostrad $DO_{w-c}3$), min pn-pt			d. wielopasowe			autostrady	
			min pn-pt						min pn-pt			min pn-pt	
			TO1	TO2	TO3				TO1	TO2	TO3	TO4	TO5
teren płaski	PSR C	V_{p0} [km/h]	70,1	70,8	71,8	teren płaski	PSR C	k [s.o./km/pas]	15,8	14,7	13,4	15,0	11,6
		u_k [%]	60,7	58,6	55,6								
	PSR D	V_{p0} [km/h]	60,7	62,1	63,9	teren falisty	PSR C	k [s.o./km/pas]	15,8	14,7	13,4	15,0	11,6
		u_k [%]	79,6	77,6	74,6								
teren falisty	PSR C	V_{p0} [km/h]	70,1	70,8	71,4	teren górzysty	PSR C	k [s.o./km/pas]	15,8	14,7	13,4	15,0	11,6
		u_k [%]	60,9	59,4	57,2								
	PSR D	V_{p0} [km/h]	60,2	61,5	63,3								
		u_k [%]	79,6	77,7	75,0								
teren górzysty $i = +4,5\%$	PSR C	V_{p0} [km/h]	70,2	69,8	71,9								
		u_k [%]	58,9	59,7	55,1								
	PSR D	V_{p0} [km/h]	67,5	67,9	67,8								
		u_k [%]	79,7	77,6	73,5								
teren górzysty $i = -4,5\%$	PSR C	V_{p0} [km/h]	71,1	71,5	72,0								
		u_k [%]	64,2	61,5	59,1								
	PSR D	V_{p0} [km/h]	69,8	70,1	70,2								
		u_k [%]	79,8	77,3	73,1								

Tab. 5.28. Miary warunków ruchu przy dopuszczeniu przekroczenia natężenia krytycznego w jednej godzinie w tygodniu (wlot krytyczny) – skrzyżowania drogowe

skrzyżowania drogowe						
profil $DO_{w-c}4$ dla wartości max pn-nd				min pn-pt		
				TO1	TO2	TO3
skrzyżowanie z pierwszeństwem przejazdu	grl	PSR II	max $d_{wIA,B,C,D}$ [s/P]	28,6	22,2	16,7
		PSR III	max $d_{wIA,B,C,D}$ [s/P]	42,5	31,6	20,4
	gril	PSR II	max $d_{wIA,B,C,D}$ [s/P]	28,8	23,2	18,0
		PSR III	max $d_{wIA,B,C,D}$ [s/P]	47,2	34,9	24,9
rondo jednopasowe	grl	PSR II	max $d_{wIA,B,C,D}$ [s/P]	27,8	19,8	14,0
		PSR III	max $d_{wIA,B,C,D}$ [s/P]	38,1	27,8	16,1

Z powyższych analiz wynika, że w celu zapewnienia sprawnego funkcjonowania danego obiektu drogowego biorąc pod uwagę względy ekonomiczne, należałoby zapewnić celowe rezerwy przepustowości odpowiednio: - odcinki drogowe zgodnie z tab. 5.27, - skrzyżowania drogowe zgodnie z tab. 5.28 (w przypadku profilu $TO3$ ze względu na uzyskane bardzo niskie wartości strat czasu oraz fakt, że przy dopuszczeniu przekroczenia natężenia krytycznego nawet w dwóch godzinach w dniu tygodnia o największym udziale w przeciętnym natężeniu dobowym tygodnia nie powoduje przekroczeń w pozostałych dniach, można rozważyć możliwość dopuszczenia przekroczenia więcej niż w jednej godzinie w tygodniu), - poziom dźwięku zgodnie z tab. 5.25. Przy takim podejściu można minimalizować błąd popełniany przy niepewności ustaleń w zakresie zmienności natężeń ruchu przy jednoczesnym ograniczeniu możliwego przewymiarowania obiektu.

6. OPRACOWANIE MODELI DO WYZNACZANIA NATĘŻENIA MIARODAJNEGO DLA POTRZEB EKSPLOATACJI WYBRANYCH OBIEKTÓW DROGOWYCH

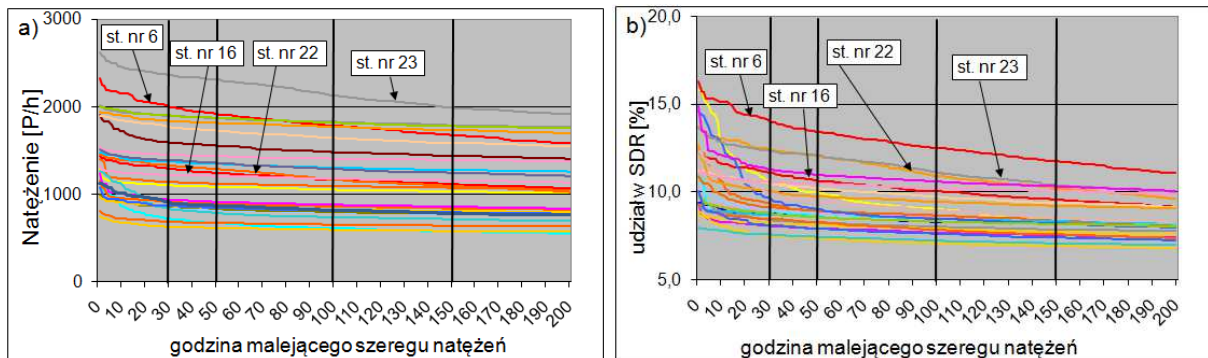
6.1. Charakterystyka przedziałów największych natężeń z okresu roku wraz ze wskazaniem miarodajnych statystyk pozycyjnych

Do analiz przedziałów największych natężeń z okresu roku wykorzystano dane pochodzące z ciągłego pomiaru ruchu ze stacji *Golden River* z lat 2001 – 2010. Do analiz użyto wyłącznie danych ze stacji w których pomiar odbywał się we wszystkich dniach w roku (55 punktów) lub brakowało pomiaru maksymalnie z 72 godzin przy założeniu, że w ciągu nie mogło brakować więcej niż 48 godzin (17 punktów). Brakujące dane zastąpiono danymi pochodzącymi z roku poprzedniego (ten sam dzień tygodnia i miesiąc). Analizy prowadzono dla ogółu pojazdów, oddzielnie dla szeregu wartości natężeń wyznaczonych: w przekroju drogi (kierunek 1+2) oraz dla kierunku dominującego (statystyki odniesiono w zależności od przypadku albo razem z kierunkiem przeciwnym do przekroju drogi albo wyłącznie do analizowanego kierunku). Na rys. 6.1 przedstawiono wartości kolejnych 200 największych godzinowych natężeń w roku w przekroju drogi (wartość bezwzględna i względna w odniesieniu do wartości *SDR*) dla stacji z ostatniego roku, z którego były dostępne dane. Według opracowania Ruch Drogowy [79, 80] analizowane odcinki dróg za wyjątkiem DK 7 na odcinku Nowy Dwór Gdański – Elbląg (st. nr 6) oraz DK 10 na odcinku Płońsk – Drobin (st. nr 16) charakteryzują się gospodarczym charakterem przenoszonego ruchu (st. nr 6 – ruchem turystycznym, st. nr 16 – ruchem rekreacyjnym). Jednakże uzyskane szeregi wykazują duże zróżnicowanie między sobą dlatego też zawężono okres analizy do przedziału natężeń od pozycji 1 do 100 i podzielono dane w zależności od następujących cech szeregu: względny przyrost (rys. 6.2.a) i charakter zmian (rys. 6.2.b). W przypadku względnego przyrostu podziału dokonano w oparciu o parametr funkcji potęgowej α_I określony dla każdego z szeregów zgodnie ze wzorem 6.1.1 (wyróżniono trzy klasy: $\alpha_I < -0,10$; $-0,10 \leq \alpha_I < -0,05$; $\alpha_I \geq -0,05$). Z uwagi na charakter zmian podziału dokonano w oparciu o wartość odchylenia standardowego różnic procentowych wyznaczonych pomiędzy udziałem natężenia w *SDR* z 1 godziny i 5, 6 i 10 godziny itd. aż do różnicy pomiędzy 96 i 100 godziną (szukano miejsce w szeregu, ze skokiem 5 godzin, od którego $\sigma \leq 0,5$). W ten sposób w celu spełnienia wymaganego warunku, uzyskano 6 grup obejmujących szeregi pomniejszone o następującą liczbę godzin: 0, 5, 10, 15, 20 i 30. W obu wariantach, przypisano w każdej z wynikowych grup przypisaną opisującą ją funkcję potęgową wraz z jej równaniem (dopasowanie metodą najmniejszych kwadratów). W załączniku zestawiono numery

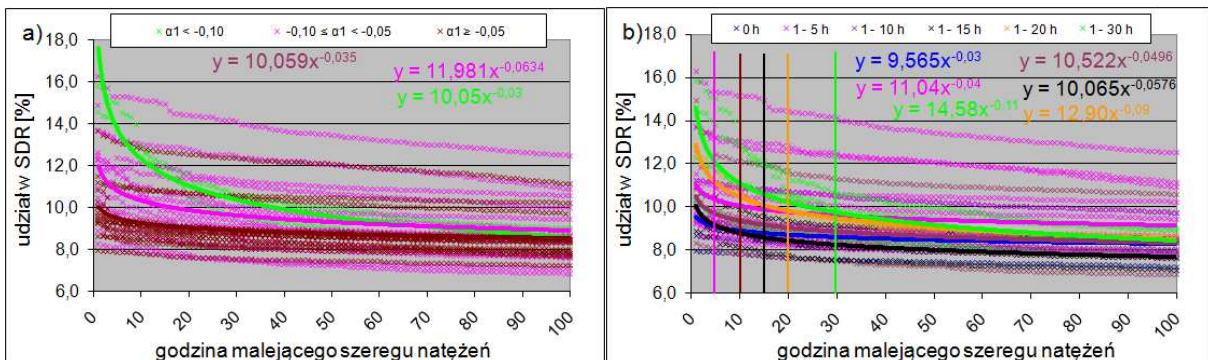
stanowisk należące do danej grupy, uzyskane parametry α_0 , α_1 , R^2 oraz wartość σ : dla całego szeregu procentowych różnic (0) i dla szeregu pomniejszonego o odpowiednią liczbę godzin (5, 10, 15, 20, 30).

$$\hat{y} = \alpha_0 * x^{\alpha_1} \quad (6.1.1.)$$

gdzie: α_0 – poziom zmiennej objaśnianej, α_1 – elastyczność zmiennej objaśnianej względem zmiennej objaśniającej.



Rys. 6.1. Wartości kolejnych największych godzinowych natężeń w roku – ogół pojazdów, przekrój drogi: a) wartości bezwzględne, b) wartości względem SDR



Rys. 6.2. Podział szeregów malejących udziałów natężeń ze względu na a) parametr α_1 , b) σ procentowych różnic co piątej godziny – ogół pojazdów, przekrój drogi

W tab. 6.1 i 6.2 przedstawiono udział natężeń 50 i 30 godziny (u_{50h} , u_{30h}) w SDR lub SDR^k (wartość SDR dla kierunku dominującego) i procentowy udział w przekroju drogi kierunku dominującego w natężeniu w 50 i 30h w roku oraz w przypadku punktów z danymi pochodzącymi z więcej niż jednego roku wartości średnie z dostępnych lat, odchylenie standardowe σ i współczynnik zmienności ε . Na rys. 6.3 przedstawiono różnicę bezwzględną w ilości pojazdów odpowiadających natężeniu 50, 30 i 1 godziny w roku oraz względną w odniesieniu do wartości SDR lub SDR^k (dla każdej stacji osobno oraz wartość średnią dla wszystkich stacji). Ponadto przeprowadzono szczegółowe analizy 50 największych godzinowych natężeń pod kątem miesięcy w roku, dni w tygodniu i godzin w dobie ich występowania wraz z rankingiem (przykładowe wyniki dla dni tygodnia przedstawiono w tab.

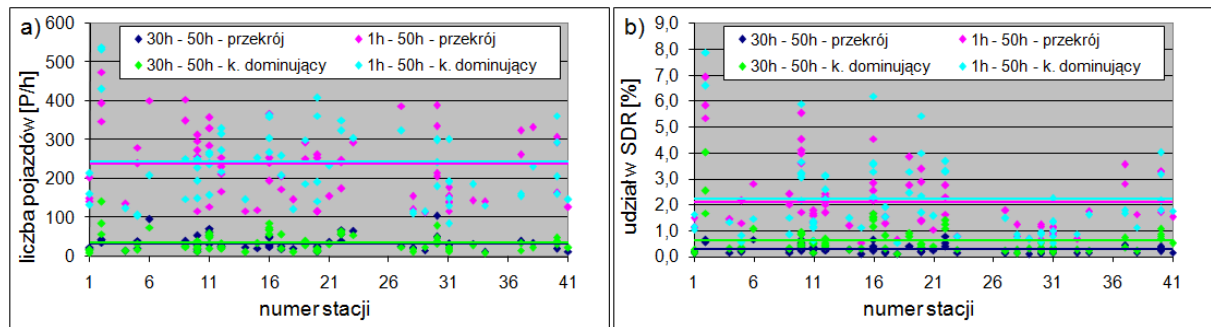
6.3). Wartości maksymalne w rankingu odpowiadają miesiącom, dniom i godzinom najczęściej występującym natomiast minimalne – występującym najrzadziej.

Tab. 6.1. Statystyki opisowe % udziału natężeń z 50 i 30h w SDR i SDR^k w różnych latach – ogół pojazdów **Tab. 6.2. Statystyki opisowe % udziału natężenia 50 i 30h kier. dominującego w natężeniu w przekroju drogi w różnych latach – ogół pojazdów**

nr st.	przekrój drogi						kierunek dominujący						nr st.	przekrój drogi						kierunek dominujący					
	50 h		30 h		ε [%]		50 h		30 h		ε [%]			50 h		30 h		ε [%]		50 h		30 h		ε [%]	
	śr. [%]	σ [-]	śr. [%]	σ [-]	ε [%]	śr. [%]	σ [-]	ε [%]	śr. [%]	σ [-]	ε [%]	śr. [%]		σ [-]	ε [%]	śr. [%]	σ [-]	ε [%]	śr. [%]	σ [-]	ε [%]	śr. [%]	σ [-]	ε [%]	
1	7,8	0,2	2,6	8,0	0,2	2,2	8,3	0,0	0,2	8,5	0,0	0,6	1	58,2	6,0	10,3	61,2	14,2	23,2	52,9	0,8	1,5	65,3	11,9	18,2
2	9,6	0,5	5,4	10,2	0,5	4,9	11,9	0,6	4,8	14,6	1,4	9,7	2	68,8	10,4	15,1	59,8	11,3	18,9	71,6	6,3	8,8	67,7	13,1	19,4
4	8,8			9,0			9,4			9,7			4	56,6			54,5			64,6			56,6		
5	8,8	0,2	1,9	9,0	0,2	2,3	9,9	0,1	1,2	10,2	0,2	1,7	5	56,7	4,4	7,8	56,5	1,4	2,4	62,4	6,9	11,0	66,8	1,7	2,5
6	13,4			14,1			16,3			17,4			6	55,4			51,7			70,1			56,8		
9	8,8	0,2	2,2	9,0	0,2	2,7	9,2	0,2	2,5	9,5	0,2	2,5	9	51,9	1,9	3,7	56,7	6,2	10,9	52,1	0,5	0,9	58,5	3,3	5,6
10	8,8	0,2	2,0	9,2	0,3	3,0	10,4	0,4	3,5	11,1	0,4	4,0	10	57,4	5,0	8,7	56,6	7,5	13,2	62,6	7,2	11,5	59,5	8,8	14,7
11	8,2	0,4	4,8	8,4	0,5	5,7	9,7	0,8	8,3	10,2	1,0	9,5	11	58,8	4,5	7,6	60,4	10,1	16,7	62,8	9,3	14,8	62,9	9,2	14,6
12	8,0	0,2	2,5	8,3	0,2	2,7	10,2	0,4	3,5	10,7	0,4	3,6	12	69,2	7,0	10,1	59,0	5,4	9,2	67,9	4,7	6,9	65,8	8,5	13,0
14	8,6			8,8			9,4			9,7			14	51,2			64,7			57,0			76,0		
15	8,1			8,2			8,8			9,2			15	50,2			63,3			60,6			69,1		
16	10,3	0,3	2,6	10,7	0,4	3,4	13,4	0,5	4,1	14,8	0,5	3,3	16	68,6	8,6	12,6	61,4	6,3	10,3	76,5	5,2	6,8	69,4	10,6	15,2
17	8,1	0,0	0,1	8,3	0,0	0,6	9,7	0,1	0,7	10,3	0,3	2,9	17	73,2	3,7	5,1	64,4	18,9	29,3	70,8	4,6	6,5	57,7	4,8	8,4
18	9,0			9,1			10,5			10,6			18	61,6			51,3			58,3			60,5		
19	9,5	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	11,9	0,1	1,1	12,7	0,2	1,6	19	58,8	11,3	19,2	57,4	2,3	4,0	60,7	2,6	4,3	61,7	2,7	4,3
20	9,7	0,2	2,2	9,9	0,2	1,9	10,9	0,1	0,9	11,3	0,2	1,5	20	55,9	6,2	11,0	58,7	7,7	13,2	57,7	3,8	6,6	66,3	7,4	11,1
21	7,2			7,5			9,1			9,5			21	62,8			61,1			73,4			76,5		
22	12,1	0,2	1,9	12,7	0,4	3,1	14,7	0,1	1,0	15,9	0,1	0,5	22	63,5	4,8	7,5	60,0	4,7	7,8	58,4	2,9	5,0	65,3	10,9	16,6
23	8,9			9,1			12,1			12,4			23	69,0			67,7			76,5			71,6		
27	7,6			7,7			8,1			8,3			27	53,0			62,0			58,5			73,8		
28	8,6	0,1	0,6	8,7	0,0	0,5	9,3	0,0	0,1	9,5	0,1	1,0	28	57,2	0,1	0,2	50,7	0,7	1,3	56,3	0,6	1,0	64,2	16,4	25,6
29	8,6			8,7			10,6			10,9			29	54,5			58,6			67,2			62,2		
30	8,6	0,2	2,6	8,8	0,3	3,2	10,8	0,5	4,4	11,1	0,6	5,1	30	61,5	2,5	4,1	67,6	11,7	17,2	62,8	3,7	5,9	67,6	4,4	6,6
31	8,4	0,3	3,3	8,6	0,3	3,0	11,0	0,4	3,7	11,2	0,4	4,0	31	62,6	4,9	7,8	62,6	4,9	7,8	77,4	8,5	11,0	62,5	6,7	10,8
33	8,8			9,0			10,2			10,5			33	56,4			59,9			67,7			74,2		
34	8,3			8,4			8,9			9,1			34	54,8			76,3			51,5			72,5		
37	9,5	0,9	9,0	10,0	0,8	8,5	10,0	0,9	8,8	10,6	1,2	11,0	37	51,1	0,1	0,2	68,4	6,8	10,0	52,8	2,4	4,6	68,2	7,1	10,4
38	7,7			7,9			7,9			8,1			38	50,2			55,6			64,7			70,3		
40	8,6	0,5	5,4	8,9	0,5	5,8	9,9	0,6	5,7	10,7	0,7	6,6	40	64,0	5,0	7,8	69,3	9,5	13,7	61,0	2,1	3,4	67,2	6,1	9,0
41	7,4			7,5			7,9			8,4			41	59,9			64,3			64,2			62,3		
śr.	8,9	0,3	2,9	9,1	0,3	3,2	10,3	0,3	3,2	10,9	0,5	4,1	śr.	59,1	5,1	8,2	60,7	7,6	12,3	63,4	4,2	6,5	66,0	7,9	12,1

Tab. 6.3. Ranking wystąpień pierwszych 50 największych natężeń w roku w danym dniu tygodnia – odpowiednio przekrój drogi i kierunek dominujący

st. nr	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	st. nr	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd
1	1	4	1	2	4	8	4	5	7	7	1	2	6	1	18
1	1	1	1	1	4	5	4	4	7	7	1	1	6	6	19
1	1	1	3	2	5	4	3	4	7	6	1	2	6	7	19
2	1	6	1	1	1	1	1	1	5	1	6	5	7	7	20
2	1	1	1	1	5	6	1	1	6	1	4	5	7	7	20
2	1	1	1	1	1	1	4	1	5	1	6	1	7	7	20
4	1	1	3	5	4	2	8	4	7	6	2	2	4	7	20
5	4	7	6	4	4	6	3	4	7	3	1	1	1	1	21
5	1	1	3	6	1	1	3	1	5	1	7	5	6	7	22
6	5	6	1	4	1	1	1	1	4	1	7	5	6	7	22
9	5	5	1	1	1	1	1	1	6	6	1	4	7	7	22
9	1	1	2	3	2	4	5	5	6	7	2	1	7	6	23
10	4	6	1	1	1	1	1	1	4	1	6	5	7	7	27
10	3	4	1	4	1	1	3	1	3	1	6	6	7	7	28
10	5	6	1	1	2	1	6	5	3	1	3	4	7	7	28
10	6	6	3	1	1	1	1	1	3	1	5	1	7	7	29
10	6	6	1	1	1	1	3	1	4	1	5	5	7	7	30
10	6	6	1	3	1	1	4	1	5	4	1	4	7	7	30
11	1	6	4	1	1	1	1	1	5	1	6	1	7	7	30
11	4	6	5	5	3	1	1	1	6	1	1	1	7	7	30
11	1	5	4	6	1	1	5	1	6	1	1	1	7	7	31
11	3	5	4	5	5	1	1	1	5	1	1	4	7	7	31
11	1	6	4	5	3	1	1	1	6	1	5	1	7	7	31
12	5	6	1	5	1	4	1	1	1	6	1	7	7	7	31
12	5	6	1	1	1	1	1	1	4	1	5	1	7	7	31
12	4	1	1	1	2	5	2	4	5	7	6	5	7	1	31
12	4	1	2	4	1	5	4	5	3	7	6	3	7	1	33
14	1	4	4	2	5	5	5	5	7	7	1	1	3	2	34
15	1	5	4	4	5	3	3	1	7	6	1	1	6	7	37
16	5	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	7	7	37
16	1	1	1	1	5	1	1	1	6	1	1	1	7	7	38
16	1	1	1	1	4	1	5	1	6	1	1	1	7	7	40
16	2	6	2	5	2	1	1	1	7	1	5	4	6	7	40
16	1	5	1	1	4	1	5	1	7	1	1	6	7	7	40
17	1	6	1	1	3	4	3	5	7	1	5	3	6	7	40
17	1	6	1	1	4	1	3	5	6	1	5	1	7	7	41



Rys. 6.3. Różnica bezwzględna w ilości pojazdów odpowiadających natężeniu 50, 30 i 1 godziny w roku (a) oraz różnica względna w odniesieniu do wartości *SDR* (b) – ogół pojazdów

Z przeprowadzonych analiz wynikają następujące wnioski:

1. Wykres udziałów największych 200 natężeń w roku w *SDR* dla dróg o turystycznym charakterze przenoszonego ruchu (wg obecnej klasyfikacji) różni się od pozostałych dróg. Dla stacji nr 6 (jedyna stacja o ruchu turystycznym) uzyskano średnio większe udziały natężeń w *SDR* o 42% w stosunku do średniej z pozostałych stacji (48% w pierwszych 50h) oraz o 74% w stosunku do stacji o najmniejszym udziale natężeń w *SDR* (88% w pierwszych 50h) - rys. 6.1.b. Wykres udziałów największych 200 natężeń w roku w *SDR* dla dróg o rekreacyjnym charakterze przenoszonego ruchu (wg obecnej klasyfikacji) nie różni się od pozostałych dróg,
2. Wykresy udziałów największych 200 natężeń w roku w *SDR* w obrębie dróg o gospodarczym charakterze przenoszonego ruchu (wg obecnej klasyfikacji) różnią się między sobą (maksymalna średnia różnica równa 35%, w pierwszych 50h - 39%) - rys. 6.1.b,
3. Wykresy udziałów największych 100 natężeń w roku w *SDR* można podzielić ze względu na: a) względny przyrost wartości oraz b) charakter ich zmian. W przypadku a) wydzielono 3 grupy charakteryzujące się wielkością parametru α_1 funkcji potęgowej (przybliżony opis procentowej zmiany udziału natężeń w *SDR* spowodowanej zmianą o 1 godzinę pozycję w malejącym szeregu natężeń) równą: -0,035; -0,0634; -0,1562 (rys. 6.2.a). W przypadku b) wydzielono 5 grup charakteryzujące się brakiem przegięcia wykresu udziału największych natężeń w roku w *SDR* oraz przegięciem w 5, 10, 15, 20 i 30 godzinie w roku (rys. 6.2.b),
4. Udział natężeń z 50 i 30h w *SDR* różni się zarówno między stacjami jak i w obrębie jednej stacji w kolejnych latach (różnica mniejsza w odniesieniu do przekroju drogi niż do kierunku dominującego oraz dla 50h niż dla 30h – tab. 6.1). Średni ich udział wynosi odpowiednio: przekrój drogi 8,9% (od 7,2 do 13,4%) i 9,1% (od 7,5 do 14,1%), dla kierunku dominującego 10,3% (od 7,9 do 16,3%) i 10,9% (od 8,1 do 17,4%). Dla $SDR > 11000$ P/d w większości przypadków zaobserwowano wzrost w kolejnych latach wartości *SDR* oraz spadek u_{50h} (poza st. nr 9 i 28 gdzie *SDR* i u_{50h} wzrosły oraz st. nr 5 gdzie zmalały). Dla $SDR < 10000$ P/d zaobserwowano wzrost

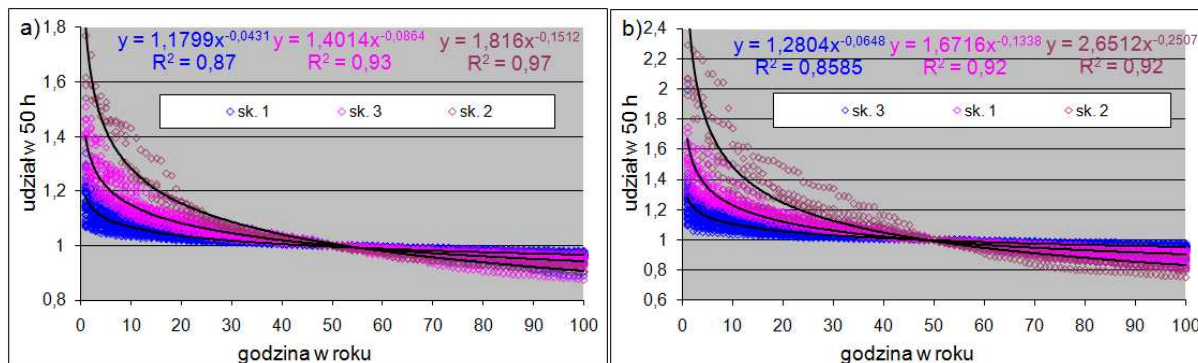
- w kolejnych latach zarówno wartości SDR jak i u_{50h} (poza st. nr 37 gdzie SDR i u_{50h} zwały). Dla wartości $10000 < SDR < 11000$ P/d odnotowano oba przypadki,
5. Procentowy udział kierunku dominującego w 50 i 30h w roku różni się zarówno między stacjami jak i w obrębie jednej stacji w kolejnych latach (różnica mniejsza w odniesieniu do kierunku dominującego niż dla przekroju oraz dla 50h niż dla 30h – tab. 6.2). Średni ich udział wynosi odpowiednio: przekrój drogi 59% (od 50 do 73%) i 61% (od 51 do 76%), w przypadku $Q_{50,30}$ wyznaczonego dla kierunku dominującego 63% (od 52 do 77%) i 66% (od 57 do 79%).
 6. Stosunkowo niewielka jest bezwzględna różnica pomiędzy natężeniem w 50 i 30 godzinie w roku wyznaczonym: dla przekroju średnio 36 P/h (0,3% SDR), dla kierunku dominującego 38 P/h (0,6% SDR^k) - rys. 6.3. W przypadku natężeń w 1 i 50 godzinie w roku uzyskano znaczącą bezwzględną różnicę wynoszącą: dla przekroju - średnio 241 P/h (2,1% SDR), dla kierunku dominującego 251 P/h (2,3% SDR^k),
 7. Ze względu na mniejsze zróżnicowanie wartości u_{50h} , niewielkie różnice pomiędzy u_{50h} i u_{30h} oraz na brak oczekiwanego charakterystycznego przebiegu wykresu największych natężeń w roku (dla żadnej stacji nie uzyskano przebiegu wykresu w 50 godzinie, tylko dla 13% w 30 natomiast dla blisko 80% w pierwszych 10 godzinach) można uznać za uzasadnione przyjmowanie tradycyjnie jako miarodajnego natężenia szczytowej pięćdziesiątej godziny w roku (trzydziestej dla dróg i skrzyżowań zlokalizowanych na terenie zabudowy małych miejscowości lub w zewnętrznej strefie dużych miast). Potwierdza to także uzupełniająca analiza przeprowadzona dla pięciu losowo wybranych stacji, gdzie określono rzeczywiste skutki eksploatacyjne projektowania odpowiednio dla 1, 30 i 50h w roku (przyjęcie 50h zamiast 30h skutkuje wzrostem v_{po} średnio o 0,3 km/h, spadkiem u_k średnio o 0,6% oraz brakiem zmian w zakresie PSR - tab. 6.4).
 8. Najczęściej największe natężenia w roku równe bądź większe od przyjętego za miarodajne występują odpowiednio dla:
 - dni tygodnia - w niedziele (głównie profil zmienności tygodniowej $TO2/TO3$), w soboty (profil zmienności sezonowej $SO4$) i w piątki (głównie profil zmienności tygodniowej $TO1$ lub $TO1/TO3$, drogi o przekroju 2x2) przy czym ponad 30% dni przypada na tzw. cały okres dni wolnych od pracy oraz 4% w dni ustawowo wolne od pracy (tab. 4.7). Najmniej w dni od wtorku do czwartku,
 - miesięcy w roku – w lipcu i sierpniu przy czym dla kilku stacji (nr 1, 10, 12, 14, 21 i 34) także we wrześniu i październiku (przekrój) oraz w maju i wrześniu (dominujący kierunek). Najmniej w miesiącach od grudnia do marca,
 - godzin w dobie - w godzinach 15:00-19:00 oraz najmniej w godzinach 22:00-5:00.

W większości przypadków uzyskano podobne wartości zarówno w odniesieniu do przekroju, kierunku dominującego oraz w obrębie jednej stacji w kolejnych latach.

Tab. 6.4. Skutki eksploatacyjne projektowania dla 1, 30 i 50h w roku według metody HCM2000 – przekrój drogi dwupasowej dwukierunkowej

	pozycja w szereg	V _{po} [km/h]	u _k [%]	PSR	różnica [km/h]				różnica [%]			
					V _{po50} - V _{po1}	V _{po50} - V _{po30}	U _{k50} - U _{k1}	U _{k50} - U _{k30}	(V _{po50} - V _{po1}) / V _{po50}	(V _{po50} - V _{po30}) / V _{po50}	(U _{k50} - U _{k1}) / U _{k50}	(U _{k50} - U _{k30}) / U _{k50}
st. 1	1	65,1	71,9	D								
	30	67,5	67,1	D	2,6	0,2	-4,6	0,2	3,8	0,3	-6,8	0,3
	50	67,7	67,3	D								
st. 5	1	63,8	74,6	D								
	30	67,2	68,2	D	3,6	0,2	-7,1	-0,7	5,3	0,3	-10,5	-1,0
	50	67,4	67,5	D								
st. 9	1	57,3	84,0	E								
	30	61,5	78,9	D	4,5	0,3	-5,9	-0,8	7,3	0,5	-7,6	-1,0
	50	61,8	78,1	D								
st. 28	1	61,8	78,7	D								
	30	62,6	76,6	D	1,2	0,4	-2,7	-0,6	1,9	0,6	-3,6	-0,8
	50	63,0	76,0	D								
st. 37	1	67,4	68,2	D								
	30	70,7	59,1	C	3,6	0,3	-10,2	-1,1	5,1	0,4	-17,6	-1,9
	50	71,0	58,0	C								

Ze względu na brak charakterystycznych cech dróg i ich otoczenia umożliwiających podział danych ze względu na udział natężenia 50h w SDR, w kolejnym etapie analiz wykorzystano algorytm grupujący (analiza skupień – zgodnie z p. 4.4.1). W celu ujednoczenia (standaryzacji) danych przekształcono szeregi poprzez odniesienie 100 największych natężeń w roku do wartości odpowiadającej 50 godzinie. Analizy prowadzono oddzielnie dla przekroju drogi oraz dla kierunku dominującego w latach 2001 - 2010. W ten sposób uzyskano po 3 skupienia dla każdego z przypadków, charakteryzujące się różnym tempem względnego przyrostu udziału największych natężeń w roku w natężeniu odpowiadającym 50h przy czym charakter zmian jest bardziej wyraźny w przypadku kierunku dominującego niż przekroju drogi. Na rys. 6.4 przedstawiono wykresy składowych poszczególnych skupień wraz z dopasowaną wg metody najmniejszych kwadratów funkcją potęgową (numery stacji przynależnych do danego skupienia wraz z odległością od środka właściwego skupienia zamieszczono w załączniku). Zarówno w odniesieniu do przekroju drogi jak i kierunku dominującego drogi, na których największe natężenia w roku występują najczęściej w piątce przynależą wyłącznie do skupienia charakteryzującego się najmniejszym przyrostem natężeń natomiast pozostałe przypadki (dominująca niedziela lub sobota) do wszystkich trzech skupień.



Rys. 6.4. Wykresy składowych poszczególnych skupień ogółu pojazdów wraz z dopasowaną funkcją potęgową: a) przekrój drogi, b) kierunek dominujący

Dalsze szczegółowe analizy przeprowadzono dla danych z 2010 roku oraz dla dróg wielopasowych dla danych z ostatniego roku z którego były dostępne dane (rok 2008, 2005, 2004). W tab. 6.7 zestawiono natężenie 50h wyznaczone dla przekroju drogi oraz dla kierunku dominującego (dla dróg dwupasowych dwukierunkowych łącznie z kierunkiem przeciwnym, dla dróg wielopasowych w kierunku dominującym) oraz liczbę godzin w których wystąpiło w przekroju drogi natężenie od niego większe. W przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych należy spodziewać się w tych godzinach warunków gorszych niż wyznaczonych dla natężenia 50h niezależnie od struktury kierunkowej (w terenie płaskim i falistym dla PSR A - D w ocenie warunków ruchu dominująca jest rola parametru v_{po} - tab. 5.2). W celu potwierdzenia tej zależności na reprezentantach każdego ze skupień tj.: odpowiednio stanowisko numer: 5 – sk. 1, 2 – sk. 2 i 37 – sk. 3 (przekrój drogi) wyznaczono v_{po} , u_k (przyjęto parametry jak dla odcinków reprezentatywnych zgodnie z p. 5.1.1 oraz natężenie i strukturę kierunkową rzeczywistą). Przykładowe uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 6.5 (skrajnie wysokie wartości v_{po} w pierwszych pozycjach szeregu spowodowane są wynikową wielkością natężenia ruchu w przekroju drogi). Dodatkowo w tab. 6.5 i 6.6 zestawiono dane statystyczne odnoszące się odpowiednio do zmienności struktury kierunkowej i udziału pojazdów ciężkich w pierwszych 50h w roku). Wyraźnie widać, że w przypadku natężeń uszeregowanych dla przekroju drogi v_{po} zmienia się w sposób płynny i dla natężeń większych od natężenia 50h (pozycje poniżej 50h) warunki ruchu pogarszają się. W przypadku natężeń uszeregowanych dla kierunku dominującego uzyskane wartości v_{po} wykazują dużą zmienność i dla natężeń większych od natężenia 50h występują zarówno gorsze jak i lepsze warunki ruchu. Wyraźnie widać także, że w zależności od skupienia występuje różne tempo spadku v_{po} wraz ze zwiększaniem natężenia ruchu. Ponadto pomimo, że udział pojazdów ciężkich w 50h w roku różni się od średniego udziału określonego dla całego roku średnio aż o 50% (różnica odniesiona do wartości dla całego roku) oraz o 10% w przypadku udziału pojazdów ciężkich określonych jako stosunek SDR pojazdów ciężkich do ogółu pojazdów, w analizowanych zakresach natężeń nie przekłada się to na znaczące zmiany w warunkach ruchu na odcinkach dróg. Uzyskano średnią różnicę zarówno dla przekroju drogi jak i kierunku dominującego (w stosunku do większej różnicy)

odpowiednio dla v_{po} i u_k równą 0,3 km/h (od 0,0 do 0,7 km/h) i 0,3% (od 0,0 do 1,4%). W żadnym z analizowanych przypadków nie wpłynęło to na zmianę *PSR*. W celu ilustracji uzyskanych wyników na rys. 6.6 przedstawiono na przykładzie stacji numer 40, 2, i 22 (reprezentanci odpowiednio skupienia 1, 2 i 3 – natężenie w przekroju drogi) skutki eksploatacyjne przyjęcia w analizach struktury kierunkowej i rodzajowej odpowiednio: rzeczywistej, wyznaczonej na podstawie *SDR* oraz mieszanej (kombinacja danych rzeczywistych i wyznaczonych na podstawie *SDR*). Analizy prowadzono ze skokiem natężeń co 10 pozycji w szeregu (początek od pozycji 10) oraz strukturą kierunkową i rodzajową uśrednioną dla 5 godzin wcześniejszych i późniejszych od godziny natężenia dla którego prowadzone były obliczenia (pierwsza średnia dla godzin od 6 do 15). We wszystkich przypadkach uzyskano lepsze warunki ruchu (wyższa wartość v_{po}) dla rzeczywistych danych oraz przy uwzględnieniu rzeczywistej wielkości udziału pojazdów ciężkich (wariant mieszany). Przyjęcie struktury kierunkowej oraz udziału pojazdów ciężkich na podstawie *SDR* powoduje, że w rzeczywistych warunkach uzyskujemy wartość v_{po} odpowiadającą nie natężeniu 30 lub 50 godziny tylko odpowiednio między 15 a 25 i między 20 a 40. Ponieważ uzyskane wartości dla najbardziej niekorzystnego układu nie powodują znaczących skutków eksploatacyjnych dlatego też można w analizach odcinków drogowych (teren płaski lub falisty, zakres *PSR* A – D) przyjmować strukturę kierunkową i udział pojazdów ciężkich określony dla całego roku najlepiej: – w odniesieniu do struktury kierunkowej jako stosunek odpowiednio *SDR* kierunku dominującego i przekroju oraz - w odniesieniu do udział pojazdów ciężkich jako stosunek *SDR* pojazdów ciężkich do ogółu pojazdów.

Tab. 6.5. Statystyki opisowe procentowego udziału natężenia w pierwszych 50h w roku kierunku dominującego w natężeniu w przekroju drogi – ogół pojazdów

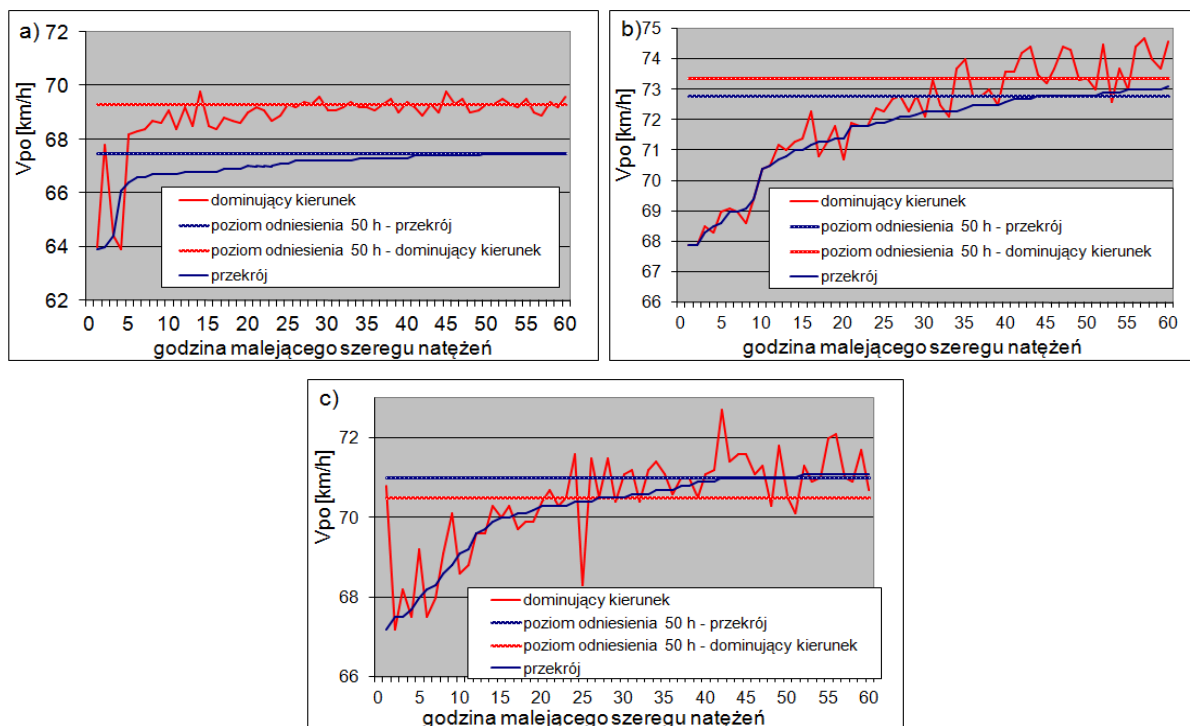
st. nr	przekrój drogi								kierunek dominujący							
	max [%]	min [%]	śred. [%]	σ [-]	30h [%]	50h [%]	śr. rok - godzi.	śr. rok - z SDR	max [%]	min [%]	śred. [%]	σ [-]	30h [%]	50h [%]	śr. rok - godzi.	śr. rok - z SDR
1	60	50	54	2,4	53	60	52	51	74	51	56	4,3	52	54	52	51
2	90	51	77	8,8	78	74	51	52	90	65	80	6,0	76	66	51	52
5	60	50	53	2,2	53	54	52	51	74	52	67	4,0	68	67	52	51
9	58	50	52	1,7	51	53	50	50	64	48	54	3,7	54	52	50	50
16	78	55	69	7,0	73	63	52	51	84	67	75	3,4	80	68	52	51
22	82	51	64	7,9	56	62	51	50	82	60	69	5,1	70	61	51	50
28	58	50	54	2,0	55	57	51	50	64	53	57	2,5	57	57	51	50
29	68	51	59	5,3	56	55	52	50	76	62	67	3,1	66	67	52	50
33	67	50	57	2,6	57	56	50	50	75	56	62	5,4	68	68	50	50
34	63	50	54	3,7	52	55	51	51	69	49	58	5,4	57	52	51	51
37	72	50	53	3,4	52	51	51	51	72	45	55	4,4	56	51	51	51
40	73	51	59	6,6	61	57	51	51	73	56	65	4,8	61	62	51	51
41	77	50	58	5,8	55	60	53	54	85	56	65	6,4	58	64	53	54
18	62	54	58	1,5	59	62	51	51	71	57	60	2,1	71	58	51	51
23	72	25	61	14,2	68	69	50	50	80	68	74	3,1	73	76	51	50
27	66	43	55	4,0	54	53	53	52	70	54	60	4,5	56	58	53	52
30	66	32	60	6,1	59	58	52	50	69	59	63	2,2	62	67	52	50
38	62	46	52	3,5	49	50	53	52	66	50	58	4,4	54	65	53	52

Tab. 6.6. Statystyki opisowe procentowego udziału pojazdów ciężkich w pierwszych 50h w roku

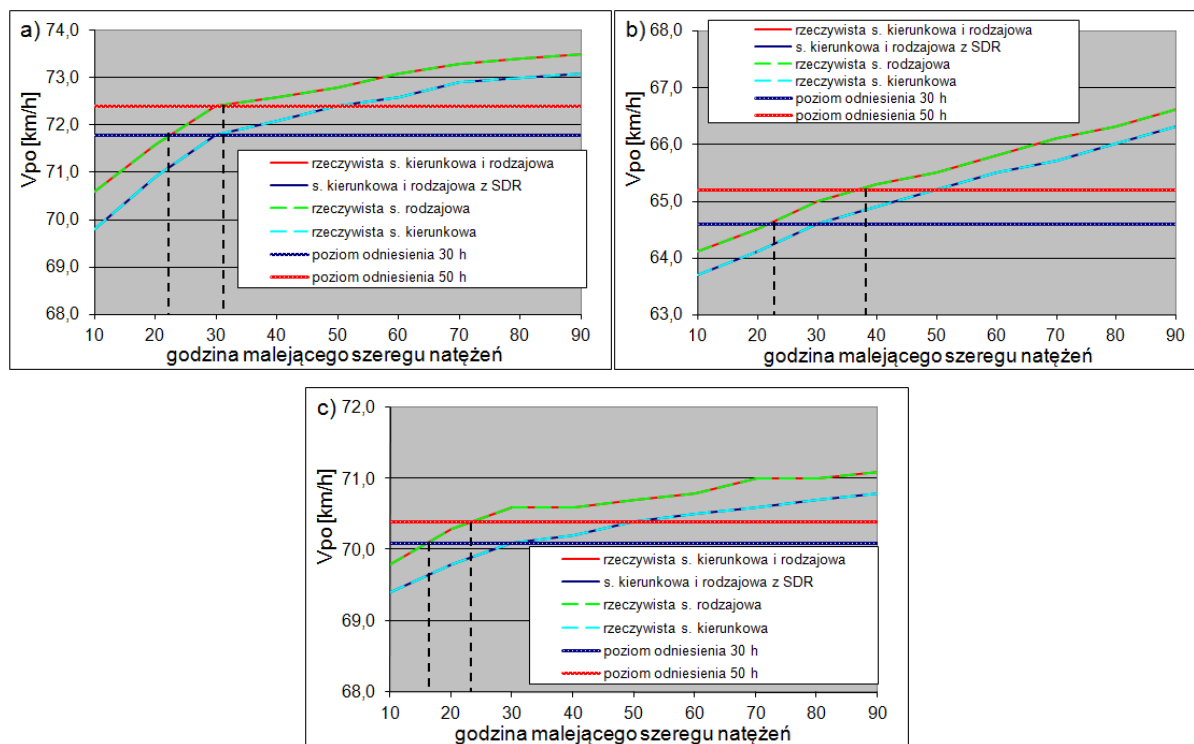
st. nr	przekrój drogi								kierunek dominujący - przekrój								kierunek dominujący							
	max [%]	min [%]	śred. [%]	σ [-]	30h [%]	50h [%]	(SDRc/SDR)*100 [%]	śr. rok [%]	max [%]	min [%]	śred. [%]	σ [-]	30h [%]	50h [%]	śr. rok [%]	max [%]	min [%]	śred. [%]	σ [-]	30h [%]	50h [%]	(SDRc/SDR)*100 [%]	śr. rok [%]	
1	43	7	27	5,6	28	31	36	42	44	4	28	6,0	25	31	42	47	3	30	7,0	24	38	37	43	
2	30	5	10	6,5	17	10	43	51	22	3	8	4,2	6	10	51	21	2	6	4,1	4	7	45	52	
5	21	10	17	1,8	14	16	18	21	26	3	18	2,8	19	20	21	28	2	17	3,1	18	20	18	21	
9	20	3	10	6,0	5	15	20	24	20	3	10	5,8	4	3	24	22	3	10	6,2	4	3	22	27	
16	14	3	7	3,4	10	9	20	25	7	1	4	1,1	5	5	25	5	1	4	0,8	3	4	19	24	
22	13	3	6	2,2	5	5	28	35	14	2	6	2,7	5	4	35	13	2	4	2,4	3	4	28	35	
28	15	6	11	2,4	12	11	14	16	15	6	11	1,9	6	12	16	15	5	10	2,0	5	12	13	16	
29	16	1	8	5,8	14	2	13	14	15	1	3	1,8	2	3	14	15	1	3	1,8	2	3	13	15	
33	17	4	14	1,9	14	15	15	20	16	3	11	4,7	4	5	20	14	3	9	4,0	4	5	16	20	
34	17	0	11	4,5	16	14	16	20	39	0	11	7,7	8	15	20	53	0	11	9,5	9	14	16	20	
37	25	2	9	6,5	4	17	18	22	29	2	10	7,2	18	15	22	33	2	11	7,9	20	15	19	23	
40	35	7	14	6,0	19	9	37	41	35	4	13	6,5	11	13	41	37	3	12	6,9	11	12	39	43	
41	76	25	53	9,4	53	68	56	59	91	25	54	13,6	70	53	59	94	20	61	17,3	72	60	58	60	
18	15	9	13	1,3	13	13	14	18	15	4	12	2,7	13	14	18	14	9	11	1,1	11	11	14	19	
23	7	2	6	1,5	6	6	10	14	9	2	3	1,4	3	2	14	7	2	6	1,5	6	6	9	12	
27	45	21	37	5,1	45	36	48	50	49	28	39	4,7	39	47	50	52	26	40	5,6	38	52	48	49	
30	15	5	13	2,0	13	14	18	23	15	4	12	2,7	13	14	23	15	8	12	1,6	13	10	18	24	
38	44	10	33	7,7	38	35	48	50	58	40	51	4,4	49	54	50	50	8	33	13,0	45	39	48	49	

Tab. 6.7. Natężenie 50h w roku oraz liczba godzin o natężeniu od niego większym wyznaczone dla przekroju drogi (p) i kierunku dominującego (dk) – ogół pojazdów (rok 2010 lub dla dróg wielopasowych ostatni dostępny rok pomiaru)

st. nr	sk. nr	Q_{p50} [P/h/przekrój]	liczba h $Q > Q_{p50}$ [-]	Q_{dk50} [P/h/przekrój]	liczba h $Q > Q_{dk50}$ [-]	st. nr	przekrój	Q_{p50} [P/h/2pasy]	liczba h $Q > Q_{p50}$ [-]	Q_{dk50} [P/h/2pasy]	liczba h $Q > Q_{dk50}$ [-]
1	1	1081	48	1073	63	23	2x2	2365	29	2309	49
2	2	673	48	627	75	27	2x2	867	113	910	49
5	1	1118	49	951	857	38	2x2	785	157	841	49
9	1	1553	47	1717	50	18	2x2	1257	6	1204	49
16	5	1239	49	1199	69	30	2x2	1628	105	1727	49
22	4	1287	49	1284	50						
28	1	1345	45	1283	128						
29	1	1432	47	1323	506						
33	1	1865	49	1605	694						
34	1	670	44	685	25						
37	5	814	49	861	26						
40	1	833	49	792	104						
41	1	613	49	551	318						



Rys. 6.5. Wartość v_{po} dla 60 pierwszych natężeń w ciągu roku uszeregowanych ze względu na przekrój oraz kierunek dominujący dla stanowiska: a) nr 5, b) nr 2, c) nr 37 – rok 2010



Rys. 6.6. Wartość v_{po} na odcinku drogi dla największych natężeń w ciągu roku uszeregowanych ze względu na natężenie w przekroju drogi: a) st. nr 2, b) st. nr 22, c) st. nr 40 – rok 2010

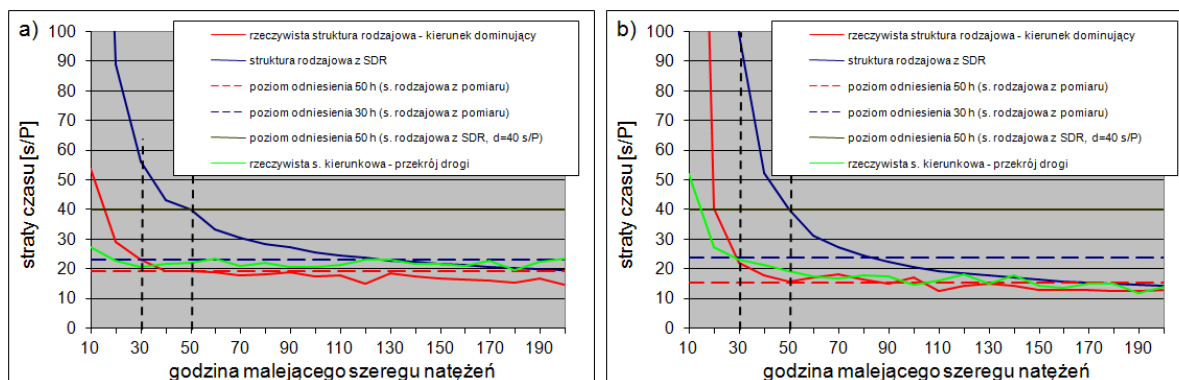
Analizy te potwierdzają że w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych powinno się przyjmować natężenie godzinowe wyznaczone dla przekroju drogi a nie dla kierunku dominującego. W przypadku dróg wielopasowych przyjęcie natężenia godzinowego w analizowanym kierunku ruchu wyznaczonego dla przekroju drogi (procentowy udział) powoduje znaczne przeszacowanie lub niedoszacowanie rzeczywistej wartości natężenia w 50h w tymże kierunku (tab. 6.7). Dlatego też w tym przypadku należy określać je osobno dla każdego kierunku. W przypadku projektowania dróg wielopasowych decydujące będzie natężenie dominującego kierunku (symetria przekroju).

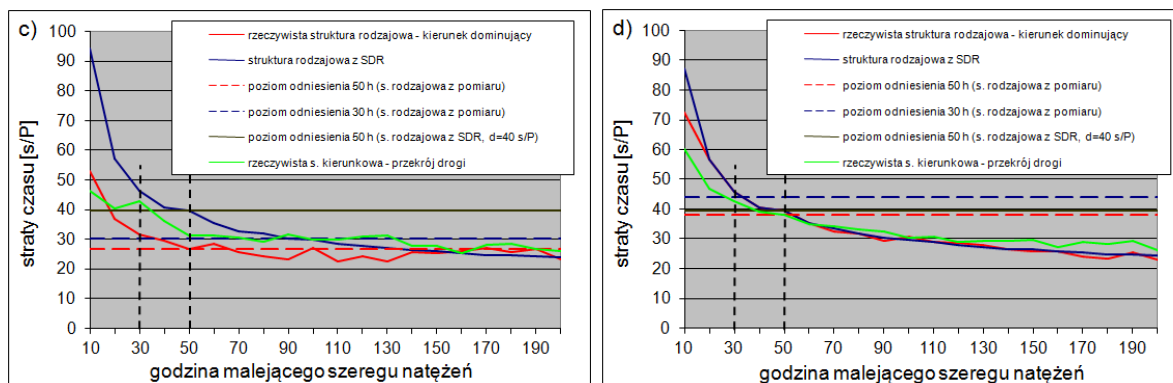
W celu określenia skutków eksploatacyjnych przyjmowania w analizach skrzyżowań drogowych struktury rodzajowej określonej na podstawie SDR, przeprowadzono uzupełniające analizy w odniesieniu do podporządkowanego wlotu krytycznego C (struktura kierunkowa i proporcje struktury rodzajowej przyjęto jak dla skrzyżowań reprezentatywnych zgodnie z tab. 5.10 – grupa I). Ze względu na dużą zmienność udziału pojazdów ciężkich w największych natężeniach w roku oraz ich duży wpływ na straty czasu (zgodnie z rys. 5.15.b) zakres analiz rozszerzono do 200 h w roku. Analizy prowadzono na reprezentantach każdego ze skupień (w odniesieniu do kierunku dominującego), o największym zróżnicowaniu udziału pojazdów ciężkich, przy czym w przypadku skupienia nr 3 dodatkowo z uwzględnieniem dni tygodnia w których dominują największe natężenia w roku (w pozostałych skupieniach wyłącznie dominująca niedziela). Tak też stacja nr 40 reprezentuje skupienie 1, stacja 2 – 2, stacja 5 – 3 (dominujący piątek) i stacja 29 – 3 (dominująca niedziela). Natężenia godzinowe wyznaczono na podstawie równania funkcji

opisującej dane skupienie (rys. 6.4) tak żeby straty czasu dla natężenia odpowiadającego 50h w roku (struktura rodzajowa na podstawie *SDR*) dla krytycznego wlotu wyniosły 40 s/P (połowa przedziału odpowiadająca *PSR III*). Dla tak uzyskanych natężeń wykreślono trzy krzywe (rys. 6.7): jedną dla struktury rodzajowej określonej z *SDR* (natężenia z równania funkcji dla kierunku dominującego) oraz dwie z rzeczywistą strukturą rodzajową uśrednioną z przedziału $\pm 5h$ (natężenia z równania funkcji dla przekroju drogi i kierunku dominującego). Dodatkowo określono poziom odniesienia strat czasu odpowiadających natężeniu 30 i 50h w roku (analizowany kierunek) dla struktury rodzajowej pochodzącej z pomiaru ruchu w miesiącu, dniu i godzinach w których występują największe natężenia w roku tj.: VII i VIII, piątek lub niedziela (tab. 6.3), godz. 15:00 – 19:00. Wyraźnie widać, że w przypadku skrzyżowań drogowych kluczowym dla ich eksploatacji jest podział ze względu na dzień tygodnia w którym dominują największe natężenia w roku oraz w mniejszym stopniu ze względu na tempo względnego przyrostu udziału największych natężeń w roku ujednoczonych względem natężenia 50h. W przypadku dominacji niedzieli (st. nr 40, 2, 29 – rys. 6.7.a-c) uzyskano zdecydowanie mniejsze straty czasu pojazdów dla rzeczywistych danych (przykładowo w 50h dla skupienia 1 i 2 średnio o 22,5 s/P dla kierunku dominującego i 19,2 s/P dla przekroju - co odpowiada mniej więcej przedziałowi strat czasu dla jednego *PSR* – oraz dla skupienia 3 odpowiednio o 9,5 i 8,3 s/P). Przyjęcie struktury rodzajowej na podstawie *SDR* powoduje, że analiza daje wyniki odpowiadające natężeniu w przypadku: kierunku dominującego - odpowiednio między 0 – 20h i około 20h; przekroju drogi - między 0 – 20h i 0 – 30h. Przyjęcie natomiast struktury na podstawie pomiaru ruchu w określonym terminie daje zbliżone wartości jak dla danych rzeczywistych (średnia różnica d dla kierunku dominującego i przekroju drogi odpowiednio: 30h – 0,9 s/P i 10,0 s/P; 50h - 0,3 s/P i 0,1 s/P). Ponadto uzyskany wykres strat czasu (rzeczywista struktura rodzajowa) charakteryzuje się gwałtownym spadkiem w pierwszych pozycjach (40 – kierunek dominujący, 50 – przekrój drogi) oraz zbliżonym poziomem od pozycji 40/50 do końca analizowanego okresu (zrównoważenie spadku wartości natężeń ruchu, wzrostem po pozycji 40 udziału pojazdów ciężkich w potoku ruchu w większości przypadków w analizowanej grupie). W przypadku dominacji piątku (st. nr 5) uzyskano porównywalne wyniki zarówno dla rzeczywistej struktury rodzajowej jak i szacowanej na podstawie *SDR* (kierunek dominujący, przekrój drogi) a także oczekiwany spadek strat czasu dla natężeń mniejszych od 50h (rys. 6.7.d). Dodatkowo przeprowadzono analizy uzupełniające dla kierunku przeciwnego, z których uzyskano w większości przypadków analogiczne zależności jak dla kierunku dominującego (podział na dominującą niedzielę lub sobotę i resztę dni tygodnia) za wyjątkiem dróg wielopasowych gdzie udział pojazdów ciężkich każdorazowo zbliżony jest do udziału szacowanego na podstawie *SDR*. Ze względu na zróżnicowanie wartości procentowego udziału natężenia 50h w roku kierunku dominującego w natężeniu w przekroju drogi od wartości średniej dla roku (tab. 6.5) przeprowadzono także analizy zmienności struktury kierunkowej w roku (zależności takie jak dla struktury rodzajowej, poza drogami

wielopasowymi gdzie struktura kierunkowa zbliżona do struktury uzyskanej z piątkowego pomiaru ruchu).

Z przeprowadzonych analiz wynika, że w przypadku skrzyżowań drogowych (analizy eksploatacyjne) można przyjmować miarodajne natężenie godzinowe wyznaczone zarówno dla przekroju drogi jak i dla kierunku ruchu (preferowane ze względu na większe możliwe natężenia kierunkowe) dla obu krzyżujących się dróg. Za miarodajny udział pojazdów ciężkich należy przyjmować w przypadku dróg o największych natężeniach w roku w niedzielę lub sobotę (poza drogami wielopasowymi) określony dla kierunku ruchu z uzupełniającego niedzielnego pomiaru ruchu w miesiącu VII lub VIII w godzinach 15:00 – 19:00 (przyjęcie przeciętnego udziału pojazdów ciężkich w roku, który jest znacznie wyższy niż ten w największych natężeniach w roku powoduje znaczne przeszacowanie strat czasu) oraz w pozostałych przypadkach na podstawie SDR lub SDR^k (zbieżne wyniki). Za miarodajny udział kierunku dominującego w przekroju drogi należy przyjmować w przypadku dróg o największych natężeniach w roku w niedzielę lub sobotę (poza drogami wielopasowymi) określony z uzupełniającego niedzielnego pomiaru ruchu w miesiącu VII lub VIII w godzinach 15:00 – 19:00, w przypadku dróg wielopasowych z uzupełniającego piątkowego pomiaru ruchu w miesiącu VII lub VIII w godzinach 15:00 – 19:00 oraz w pozostałych przypadkach na podstawie SDR . W przypadku skrzyżowań grupy II (znacznie większy udział ruchu na kierunku głównym) należy ustalać natężenie miarodajne do analiz sprawnościowych skrzyżowań według drogi nadrzędnej, natomiast w przypadku skrzyżowań grupy I (zbliżony rozkład ruchu na wszystkich wlotach) według wlotu krytycznego. W tab. 6.8 zestawiono wartości udziałów pojazdów ciężkich (a) oraz struktury kierunkowej (b) dla kierunku dominującego, określonego na podstawie udziału w przekroju drogi i kierunku przeciwnego do dominującego określonych: z szeregu największych natężeń w roku (rzeczywisty), z SDR oraz z pomiaru uzupełniającego. Na szaro zaznaczono wartość rzeczywistą oraz szacowaną zgodnie z zaproponowanym sposobem. W praktyce ustalenia te dają podstawę do określania struktury rodzajowej i kierunkowej do analiz eksploatacyjnych skrzyżowań drogowych.





Rys. 6.7. Straty czasu na wlocie podporządkowanym C dla największych natężeń w ciągu roku uszeregowanych ze względu na kierunek dominujący (ograniczono zakres do 100 s/P): a) st. nr 40, b) st. nr 2, c) st. nr 29, d) st. nr 5 – rok 2010

Tab. 6.8. Udział pojazdów ciężkich rzeczywisty oraz wyznaczony na podstawie: SDR w przekroju drogi i analizowanym kierunku; pomiaru ruchu w piątek lub niedzielę, VII – VIII w godzinach 15:00 – 19:00 – rok 2010

a)	struktura rodzajowa [%]	numer stanowiska																	
		1	2	5	9	16	22	28	29	33	34	37	40	41	18	23	27	30	38
kierunek dominujący	Q _{30h}	24	4	18	4	3	3	5	2	4	9	20	11	72	11	6	38	13	45
	Q _{50h}	38	7	20	3	4	4	12	3	5	14	15	12	60	11	6	52	10	39
	SDR	36	43	18	20	20	28	14	13	15	16	18	37	56	14	10	48	18	48
	SDR ^k	37	45	18	22	19	28	13	13	16	16	19	39	58	14	9	48	18	48
	Q _{pt,VII-VIII,15:00-19:00}	28		17				11		12	10	15		52	10		33	12	12
	Q _{nd,VII-VIII,15:00-19:00}		6		4	4	24		3				11			2			
kierunek odniesiony do przekroju drogi	Q _{30h}	25	6	19	4	5	5	6	2	4	8	18	11	70	13	3	39	13	49
	Q _{50h}	31	10	20	3	5	4	12	3	5	15	15	13	53	14	2	47	14	54
	SDR	36	43	18	20	20	28	14	13	15	16	18	37	56	14	10	48	18	48
	Q _{pt,VII-VIII,15:00-19:00}		6		4	4	24		3				11			2			
	Q _{30h}	27	5	17	4	12	9	4	6	13	11	5	9	30	7	1	33	16	20
	Q _{50h}	31	10	16	15	9	5	11	2	15	14	17	9	68	10	5	35	15	36
kierunek przeciwny do dominującego	SDR	36	43	18	20	20	28	14	13	15	16	18	37	56	14	10	48	18	48
	Q _{nd,VII-VIII,15:00-19:00}	7	13				31	4	2			4	12				20		

b)	struktura kierunkowa [%]	numer stanowiska																	
		1	2	5	9	16	22	28	29	33	34	37	40	41	18	23	27	30	38
kierunek dominujący	Q _{30h}	52	76	68	54	80	70	57	66	68	57	56	61	58	71	73	56	62	54
	Q _{50h}	54	66	67	52	68	61	57	67	68	52	51	62	64	58	76	58	67	65
	SDR	51	52	51	50	51	50	50	50	50	51	51	51	54	51	50	52	50	52
	Q _{pt,VII-VIII,15:00-19:00}	52	58	55	52	61	61	54	54	58	56	54	52	54	59	64	53	61	58
	Q _{nd,VII-VIII,15:00-19:00}	52	74	56	51	69	52	54	61	58	54	52	60	55	53	68	53	58	57
	kierunek odniesiony do przekroju drogi	Q _{30h}	53	78	53	51	73	56	55	56	57	52	52	61	55	59	68	54	59
Q _{50h}		60	74	54	53	63	62	57	55	56	55	51	57	60	62	69	53	58	50
SDR		51	52	51	50	51	50	50	50	50	51	51	51	54	51	50	52	50	52
Q _{pt,VII-VIII,15:00-19:00}		52	58	55	52	61	61	54	54	58	56	54	52	54	59	64	53	61	58
Q _{nd,VII-VIII,15:00-19:00}		52	74	56	51	69	52	54	61	58	54	52	60	55	53	68	53	58	57

W przypadku hałasu drogowego analizy prowadzono dla poziomu dźwięku L^p_{Aeq} w odniesieniu do największych w roku średnich dla danego okresu (dnia/nocy) wartości natężeń ruchu. Analizy prowadzono oddzielnie dla dróg jednojezdniowych (rok 2010 - analiza przekrojowa) oraz dwujezdniowych (ostatni rok z którego były dostępne dane -

analiza przekrojowa i kierunkowa) w odniesieniu do grupy pojazdów ciężkich (duży wpływ na L^P_{Aeq} zgodnie z tab. 5.18). W pierwszej kolejności podzielono dane ze względu na okres w dobie, mający dominujący wpływ na normy poziomu dźwięku ($L^D_{Aeq} - L^N_{Aeq} \leq 5$ dB – decydujący okres nocy, $L^D_{Aeq} - L^N_{Aeq} > 5$ dB – dominujący okres dnia) a następnie uszeregowano (szereg malejący) według średnich wartości natężeń w dominującym okresie w roku, z wykluczeniem dni ustawowo wolnych od pracy (tab. 4.7). W kolejnym kroku przeprowadzono szczegółowe analizy 10 pierwszych pozycji szeregu w celu określenia dni tygodnia i miesięcy w roku w których najczęściej występują oraz wpływu na poziom L^P_{Aeq} przyjęcia natężeń uszeregowanych ze względu na przekrój drogi oraz kierunek dominujący (w przypadku dróg jednojezdniowych w odniesieniu do przekroju drogi). Tak też uzyskano:

- drogi jednojezdniowe – dominujący okres nocy, największe średnie natężenia w roku w poniedziałek w miesiącach VII i VIII, - dominujący okres dnia, największe średnie natężenia w roku w czwartek w miesiącach VI i X,
- drogi dwujezdniowe – dominujący okres nocy: analiza przekrojowa - największe średnie natężenia w roku w poniedziałek w miesiącach VII i VIII, analiza kierunkowa - największe średnie natężenia w roku w zależności od kierunku ruchu w poniedziałek lub piątek w miesiącach VII i VIII.

We wszystkich grupach (drogi jedno i dwu jezdniowe) uzyskano zbliżone wyniki dla L^P_{Aeq} wyznaczonego dla największych wartości natężeń uszeregowanych ze względu na przekrój drogi i kierunek dominujący (odniesienie do przekroju). Średnia bezwzględna różnica uzyskana dla wszystkich stacji wynosi 0,3 dB. Także w przypadku dróg dwujezdniowych w analizach kierunkowych, uzyskano zbliżone wyniki dla obu kierunków ruchu. Średnia bezwzględna różnica L^N_{Aeq} w odniesieniu do wartości największych w roku wynosi 0,7 dB oraz w odniesieniu do wartości średnich w roku 0,3 dB. Ponadto wartość L^D_{Aeq} i L^N_{Aeq} (w zależności od dominującego okresu) wyznaczone na podstawie pomiaru w okresie występowania największych średnich w danym okresie natężeń w roku nie różnią się średnio o więcej niż o 1 dB od wartości największych w roku (w przypadku przyjęcia wartości na podstawie *SDR* różnica sięga do 4 dB).

W celu uzupełnienia miarodajnych charakterystyk przyjmowanych w analizach poziomu hałasu przeprowadzono także uzupełniające analizy w odniesieniu do poziomu dźwięku L_{DWN} (odniesienie do wartości średnich a nie największych w roku). W pierwszej kolejności określono rzeczywisty poziom L_{DWN} (średnia ze wszystkich dób w roku), z dni wtorek – czwartek oraz każdorazowo średni udział natężeń z poszczególnych okresów w dobie (dzień/wieczór/noc). Pozwoliło to na zweryfikowanie słuszności podejścia do rozkładu średniorocznych natężeń dobowych na poszczególne okresy na podstawie dni wtorek – czwartek (średnio L_{DWN} wyznaczone w oparciu o wybrane dni jest większe o 0,4 dB w stosunku do wszystkich dni w roku, średnia różnica udziałów natężeń z poszczególnych okresów w dobie wynosi 1%). W następnej kolejności wyznaczono L_{DWN} na podstawie *SDR* (ogół pojazdów, pojazdy ciężkie) i profili zmienności dobowej określonych dla wtorku –

czwartku (w przypadku różnych profili dla kierunków jako ich średnia - tab. 5.16) i przyrównano do wartości rzeczywistej (średnia różnica rzędu 1,7% odpowiadająca 1,3 dB). W ostatnim etapie analiz wyznaczono L_{DWN} na podstawie obecnie dostępnych danych (SDR i u_c – proporcjonalny rozkład natężeń i udziału pojazdów ciężkich na poszczególne okresy w zależności od klasy technicznej dróg według [81] lub stały u_c) i przyrównano do wartości rzeczywistej (średnia różnica rzędu 10% odpowiadająca 8,5 dB).

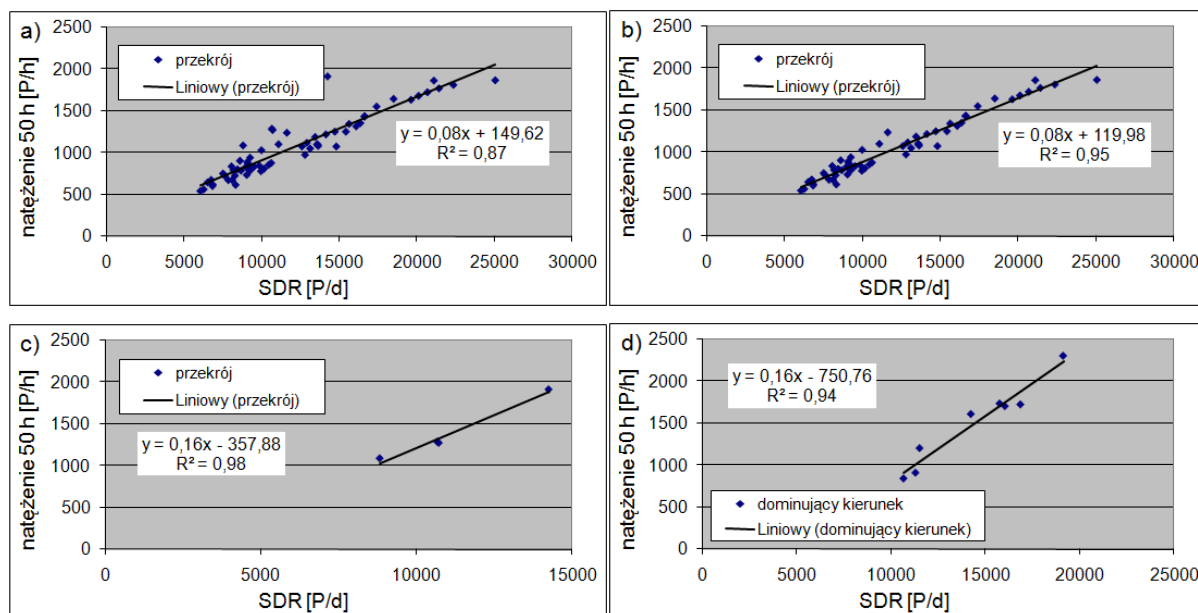
Z przeprowadzonych badań wynika, że w przypadku analiz poziomu hałasu można przyjmować miarodajne natężenie godzinowe wyznaczone zarówno dla przekroju drogi (preferowane ze względu na metodologię wyznaczania L^P_{Aeq}) jak i dla kierunku ruchu. W celu ograniczenia przekroczenia norm hałasu w okresach w roku o największych natężeniach ruchu (głównie pojazdów ciężkich), L^P_{Aeq} należy wyznaczać: w przypadku dominującego okresu nocy w oparciu o pomiar nocny w poniedziałek w miesiącu VII lub VIII, w przypadku dominującego okresu dnia w oparciu o pomiar dzienny w czwartek w miesiącu VI lub X (drogi zlokalizowane w obszarach turystycznych, w strefie oddziaływania miast). W przypadku długookresowego poziomu dźwięku (L_{DWN}) natężenie miarodajne należy przyjmować na podstawie udziału w SDR natężeń godzinowych w danym okresie określonych dla dni wtorek – czwartek w tym także w odniesieniu do pojazdów ciężkich (u_c – na podstawie natężeń pojazdów ciężkich w ogóle pojazdów w każdym z analizowanych okresów).

6.2. Opracowanie modeli do wyznaczania natężenia miarodajnego do analiz sprawności

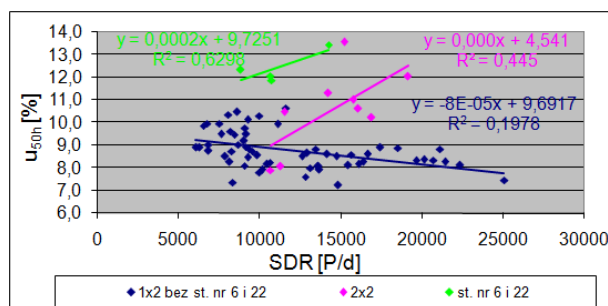
Analizy prowadzono na danych pochodzących ze stacji *Golden River* z lat 2001 - 2010 (przyjęto natężenia dobowe i godzinowe dla dróg dwupasowych dwukierunkowych w odniesieniu do przekroju drogi, dla dróg wielopasowych w odniesieniu do kierunku dominującego, dla krytycznego wlotu skrzyżowania w odniesieniu do kierunków ruchu). Ze względu na dominujący (około 90%) udział analizowanych dróg, które są zlokalizowane poza terenem zabudowy małych miejscowości lub w zewnętrznej strefie dużych miast, analizy ograniczono do miarodajnej szczytowej 50 godziny w roku. W celu wyboru najlepszego modelu do wyznaczania natężenia miarodajnego w pierwszej kolejności zbadano charakter zależności pomiędzy natężeniem 50h (Q_{50}) w roku (natężenia uszeregowane od największych do najmniejszych) a natężeniem SDR odpowiednio dla:

- wszystkich dróg dwupasowych dwukierunkowych - rys. 6.8.a.,
- dróg dwupasowych dwukierunkowych poza stacjami numer 6 i 22 (jedyne stacje o profilu zmienności sezonowej $SO4$) - rys. 6.8.b,
- dróg dwupasowych dwukierunkowych dla stacji numer 6 i 22 (4punkty) - rys. 6.8.c,
- wszystkich dróg wielopasowych - rys. 6.8.d.

Dodatkowo na rys. 6.9 zilustrowano zależność pomiędzy udziałem natężenia 50h w SDR (u_{50}) a natężeniem SDR . Ze względu na liniowy charakter zależności pomiędzy Q_{50} a SDR (rys. 6.8.) zdecydowano się na zastosowanie następujących metod szacowania natężenia miarodajnego tzw. Q_{50sz} : metoda wskaźnikowa, według projektowego pierwszego i drugiego dnia w projektowym miesiącu w roku [11] i regresja wieloraka (w odniesieniu do przekroju drogi i kierunku dominującego). Jako metodę uzupełniającą pozwalającą między innymi na potwierdzenie lub wykluczenie użytych w modelach zmiennych objaśniających zastosowano model wykorzystujący sztuczne sieci neuronowe. W celu określenia dokładności szacowania poszczególnych metod, Q_{50sz} przyrównano do wartości rzeczywistych. Wyniki przedstawiono: dla kolejnych lat - jako wartości średnie dla wszystkich dróg o przekroju 1x2, dla dróg o przekroju 1x2 bez stacji numer 6 i 22, dla stacji numer 6 i 22, dla dróg o przekroju 2x2, dla wszystkich stacji oraz jako średnia dla wszystkich lat w podziale jak wyżej (tab. 6.10, 6.11, 6.13 i 6.15).



Rys. 6.8. Wykres zależności pomiędzy natężeniem 50h w roku a SDR : a) wszystkie drogi dwupasowe dwukierunkowe, b) drogi dwupasowe dwukierunkowe bez st. nr 6 i 22, c) stacja 6 i 22, d) wszystkie drogi wielopasowe



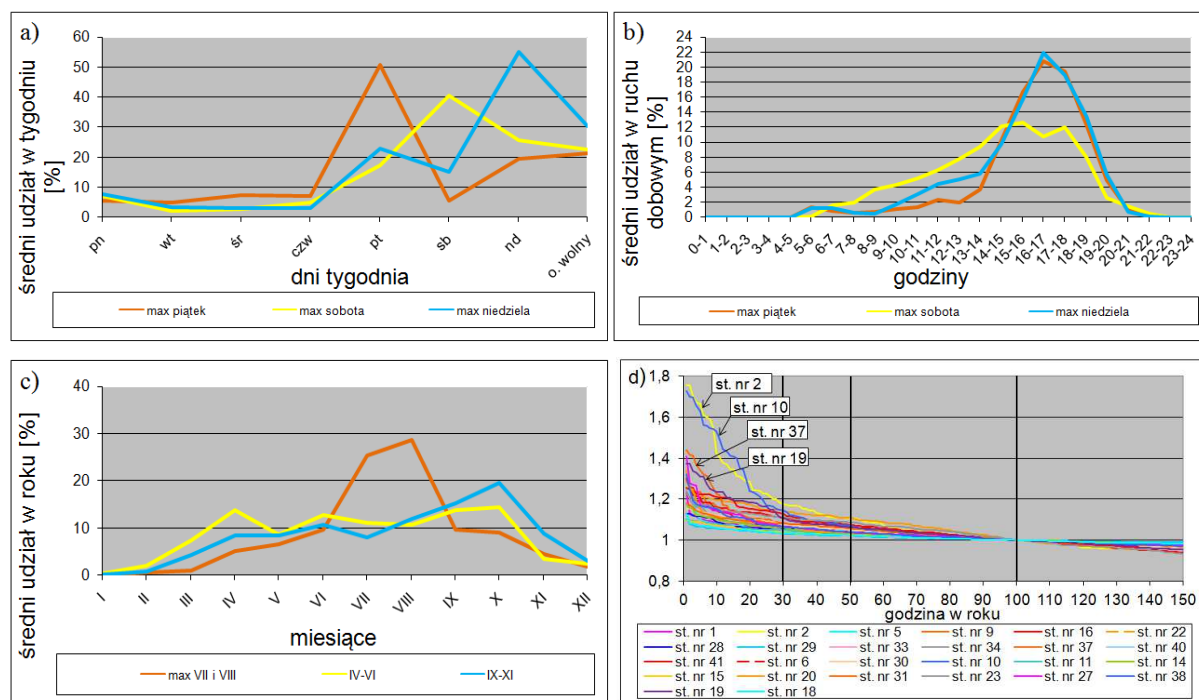
Rys. 6.9. Wykres zależności pomiędzy udziałem natężenia 50h w SDR a SDR (drogi dwupasowe bez stacji nr 6 i 22, stacja 6 i 22, wszystkie drogi wielopasowe)

Ponadto wzorem Niemieckich doświadczeń [3] przeprowadzono rozpoznawcze analizy szacowania Q_{50sz} na podstawie maksymalnego godzinowego natężenia pochodzącego z kilkugodzinnego pomiaru ruchu w dniach tygodnia, w których występuje największy udział godzin o największym natężeniu ruchu w roku. W pierwszej kolejności sporządzono wykresy dla procentowego udziału 150 największych godzinowych natężeń w roku odpowiednio w: a) dniu tygodnia, b) godzinie w dobie, c) miesiącu w roku, d) względem 100 godziny w roku (rys. 6.10). Wykresy a) – c) sporządzono na podstawie dostępnych danych z lat 2001-2010 natomiast d) dla roku 2010 (w przypadku dróg wielopasowych z ostatniego roku pomiaru). Pozwoliło to na wytypowanie do pomiarów ruchu dominujących pod względem wystąpień największych natężeń w roku, dni w tygodniu i godzin w dobie tj. piątek w godzinach 12:00 – 20:00, niedziela w godzinach 9:00 – 20:00 (ze względu na zbliżone udziały godzin w dobie dla soboty i niedzieli oraz sporadyczną dominację soboty, pominięto ją). Wytypowano także trzy okresy w roku tj. lipiec/sierpień (jako najbardziej dominujący), grudzień - luty (o najmniejszej ilości wystąpień maksymalnych natężeń) oraz pozostałe (marzec - czerwiec i wrzesień – listopad). Ponadto zidentyfikowano stacje numer 2, 10, 37 o profilu największych godzinowych natężeń ruchu w roku odbiegającym od pozostałych stacji zgodnie z rys. 6.10.d (bez stacji numer 19 ze względu na nieodbiegające profile w pozostałych latach). Ponieważ wstępne wyniki nie potwierdziły danych literaturowych tj. większej dokładności szacowania Q_{50sz} na podstawie danych pochodzących z:

- dwóch dni pomiarowych - uzyskano 23% spadek *MAPE* przy ograniczeniu danych do piątku (25% przy dominacji piątku oraz 20% dla dominacji soboty lub niedzieli) oraz 3% wzrost *MAPE* przy ograniczeniu danych do niedzieli. W przypadku wyboru największego natężenia godzinowego łącznie dla piątku i niedzieli uzyskano taką samą dokładność jak w przypadku samego piątku,
- miesiące lata (lipiec, sierpień) – wzrost *MAPE* o 2,0% przy ograniczeniu danych do VII i VIII w stosunku do miesięcy III – VI i IX-XI w przypadku ich dominacji oraz 2,4% dla dominującego piątku, bez zmian w pozostałych przypadkach (dodatkowo brak korelacji poszczególnych miesięcy ze zmienną objaśnianą). Ponadto w przypadku ograniczenia danych do miesięcy XII-II średni wzrost *MAPE* o 1,2% w stosunku do miesięcy III – VI i IX-XI,

dalsze szczegółowe analizy prowadzono wyłącznie dla piątków we wszystkich miesiącach w roku, poza dniami ustawowo wolnymi od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanymi (wartości znacznie odbiegające od przeciętnych dla roku). Jako zmienne objaśniające użyto: zmienne ilościowe (godzinowe natężenie ruchu, udział pojazdów ciężkich – ze względu na dużą losowość przynależności pojazdów ciężkich w sąsiednich godzinach przyjęto jako średnią z godzin 12:00 – 20:00) oraz jakościowe (dominujący dzień tygodnia, dominujący okres w roku, region Polski, powiązanie przestrzenne, przekrój poprzeczny, klasa techniczna drogi, charakter przenoszonego ruchu oraz rok pomiaru – ze względu na korelację z pozostałymi zmiennymi pominięto obszar turystyczny, ruch międzynarodowy, profil

zmienności sezonowej). Ponadto przeprowadzono analizy przy ograniczeniu danych do miesięcy III – XI i III – VI / IX – XI, w grupach (dominujący piątek lub sobota/niedziela) oraz z uwzględnieniem wyselekcjonowanych, odstających stacji (w zależności od sytuacji ze względu na korelację z pozostałymi zmiennymi lub brak statystycznej istotności ograniczone zmienne objaśniające zgodnie z tab. 6.9). Dodatkowo w celu oszacowania wpływu roku pomiaru, każdorazowo przeprowadzono analizy bez uwzględniania zmiennej rok. Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 6.9.



Rys. 6.10. Procentowy udział 150 największych godzinowych natężeń w roku w: a) dniu tygodnia, b) godzinie w dobie, c) miesiącu w roku, d) względem 100 godziny w roku – ogół pojazdów, przekrój drogi (drogi wielopasowe – kierunek dominujący)

Tab. 6.9. Statystyki opisowe i zakres zmiennych objaśniających modeli regresji wielorakiej szacowania Q_{50sz} na podstawie maksymalnego natężenia godzinowego

przypadek	R ²	MAPE	MAPE dom. pt	MAPE dom. sb,nd	σ	Q _{hmax}	uc	dom pt	dom VII, VIII	region Polski	odd. miast	r.dalekobie żny	1x2	A	rok analizy
wszystkie punkty -pt i nd	0,83	10,7	12,9	8,7	14,2	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
wszystkie punkty -pt	0,80	11,5	13,8	9,4	15,2	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
wszystkie punkty -pt III-XI	0,91	8,3	9,6	6,9	11,4	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
wszystkie punkty -pt III-VI	0,90	8,6	9,8	7,5	12,0	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
wszystkie punkty -pt IX-XI	0,92	7,5	8,9	6,4	10,7	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
wsz. punkty -pt III-VI, IX-XI	0,91	7,9	9,0	6,9	11,3	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
dominujący piątek	0,92	7,6	9,2	6,0	10,8	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
dominująca niedziela	0,91	8,0	9,3	6,7	11,5	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
bez stacji 2,10,37	0,91	10,7			14,2	tak	tak			tak	tak	tak		tak	tak
	0,9	10,7			14,2	tak	tak			tak	tak	tak		tak	tak
	0,96	6,4			8,0	tak				tak	tak	tak			tak
	0,95	7,1			9,1	tak				tak	tak	tak			tak
	0,91	8,4	9,6	7,0	11,7	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
	0,87	9,1	9,3	8,8	12,7	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak

Z przeprowadzonych analiz wynika, że najlepszym modelem jest model oparty na wszystkich stacjach z piątkowego pomiaru ruchu w miesiącach III - XI. Średni *MAPE* wynosi 7,5% przy czym dla dominującego piątku 8,9% i dla dominującej soboty/niedzieli 6,4% (w miesiącach III – VI i IX - XI 6,0%). Ponadto przy braku uwzględnienia roku analizy uzyskano wzrost *MAPE* o 0,1% w przypadku dominującego piątku i 0,5% w pozostałych przypadkach. Dodatkowo przeprowadzono analizy, w których zamiast maksymalnego natężenia wzięto średnią z pomiaru. Jednak przy takim podejściu uzyskano wzrost średniej wielkości *MAPE* o około 0,2%.

6.2.1 Metoda wskaźnikowa (*MW*)

Przeliczenie średnich natężeń dobowych *SDR* na Q_{50sz} wykonano według wzoru 6.2.1.

$$Q_{50sz} = \frac{SDR \times u_{50}}{100} \text{ [P/h]} \quad (6.2.1)$$

gdzie: Q_{50sz} – szacowane natężenie 50 godz., *SDR* – średni dobowy ruch w roku, u_{50} – udział natężenia 50 godziny w *SDR* zgodnie z opracowaniem Ruch drogowy (dla roku 2010 [79], dla lat 2001-2005 [80], dla lat 2006-2010 [81]).

Z przeprowadzonych analiz wynika że, najlepszą dokładność szacowania tą metodą uzyskano dla dróg jednojezdniowych dwukierunkowych gdzie średni *MAPE* wynosi 5,6% (poza stacjami numer 6 i 22 dla których średni *MAPE* wynosi 9,0%). W przypadku dróg wielopasowych zastosowanie wskaźnika u_{50} określonego dla kierunku dominującego na podstawie przekroju drogi (procentowy udział) powoduje popełnienie znacznego błędu – średnie *MAPE* wynosi 19,7%. W tab. 6.10 przedstawiono wartości *MAPE* oraz σ uzyskane w kolejnych latach oraz ich wartości średnie w całym okresie.

Tab. 6.10. Porównanie dokładności szacowania Q_{50sz} metodą wskaźnikową (*MW*)

	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	średnia
śr. <i>MAPE</i> _{1x2}	7,2	7,1	5,1	7,8	5,1	9,4	3,6	4,7	5,9	2,0	5,8
śr. <i>MAPE</i> _{bez6i22}	7,1	7,1	4,8	7,8	5,1	8,5	3,6	4,7	5,9	2,0	5,7
śr. <i>MAPE</i> _{6i22}	8,9		7,5			10,7					9,0
śr. <i>MAPE</i> _{2x2}			14,2			17,0	19,5	23,0		25,0	19,7
śr. <i>MAPE</i> _{całość}	7,2	7,1	7,3	7,8	5,1	10,7	8,9	7,3	5,9	13,5	8,1
σ_{1x2} [%]	10,2	8,7	6,0	7,3	7,6	5,5	1,2	6,9	8,1		6,8
$\sigma_{bez6i22}$ [%]	10,4	8,7	6,1	7,3	7,6	6,6	1,2	6,9	8,1		7,0
σ_{6i22} [%]						5,4					5,4
σ_{2x2} [%]			20,8				0,9				10,9
$\sigma_{całość}$ [%]	10,2	8,7	10,4	7,3	7,6	5,8	12,0	10,4	8,1	19,1	10,0

6.2.2 Metoda według projektowego dnia w roku (*MPD*)

W pierwszej kolejności określono dla każdej ze stacji w każdym roku tzw. projektowy miesiąc czyli miesiąc w którym średni dzienny udział największych godzinowych natężeń

w danym miesiącu w *SDR* jest największy. Ponieważ w większości przypadków projektowy miesiąc pokrywa się z miesiącem o największej wartości wskaźnika zmienności sezonowej (p. 4.5.) i w tym przypadku zastosowano taki sam podział sieci dróg jak dla zmienności sezonowej. Przy takim podejściu uzyskano następujący projektowy miesiąc: dla profilu *SO1* – październik (jedyny przypadek dla którego projektowy miesiąc nie odpowiada miesiącowi o największej wartości wskaźnika zmienności sezonowej), *SO3* i *SO4* – lipiec oraz *SO2* – sierpień. Następnie każdorazowo określono pierwszy i drugi projektowy dzień, czyli dzień tygodnia w którym średni dzienny udział największych godzinowych natężeń w projektowym miesiącu jest największy (metoda *MPD1*) lub kolejny największy (*MPD2*). Natężenie Q_{50sz} wyznaczono według wzoru 6.2.2 w którym w przypadku metody *MPD1* i *MPD2*, h_{max} odnosi się odpowiednio do pierwszego i drugiego projektowego dnia.

$$Q_{50sz} = \frac{SDR \times h_{max}}{100} \text{ [P/h]} \quad (6.2.2)$$

gdzie: Q_{50sz} – szacowane natężenie 50 godz., *SDR* – średni dobowy ruch w roku, h_{max} – średni udział największych godzinowych natężeń w pierwszym lub drugim projektowym dniu projektowego miesiąca (*MPD1* i *MPD2*).

Z przeprowadzonych analiz wynika że, najlepszą dokładność szacowania uzyskano dla dróg jednojezdniowych dwukierunkowych o profilu zmienności sezonowej *SO4* oraz dla dróg wielopasowych metodą *MPD1* (średni *MAPE* wynosi odpowiednio 1,7% i 2,6%) natomiast dla pozostałych dróg metodą *MPD2* (średni *MAPE* wynosi 4,4%). Przy zastosowaniu metody *MPD2* w przypadku dróg jednojezdniowych (poza st. 6 i 22) następuje redukcja błędu o ponad 50% w stosunku do *MPD1*. W tab. 6.11 przedstawiono wartości *MAPE* oraz σ uzyskane w kolejnych punktach i latach oraz ich wartości średnie.

Tab. 6.11. Porównanie dokładności szacowania Q_{50sz} metodą wskaźnikową (*MPD1*, *MPD2*)

	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	śred. MPD1	śred. MPD2										
Śr. MAPE ₁₁₂	10,2	2,6	9,6	3,9	7,6	4,2	6,7	4,1	8,0	5,3	2,7	5,9	5,7	3,9	6,9	3,8	8,7	2,0	12,4	2,6	7,9	3,8
Śr. MAPE _{bez012}	10,3	1,9	9,6	3,9	8,0	3,9	6,7	4,1	8,0	5,3	2,4	6,5	5,7	3,9	6,9	3,8	8,7	2,0	12,4	2,6	7,9	3,8
Śr. MAPE _{E022}	9,1	10,5			4,8	6,3					3,3	4,9									1,7	2,2
Śr. MAPE ₂₁₂					4,1	6,0					1,6	11,3	1,3	5,6	9,1	11,0			10,2	8,6	2,6	4,3
Śr. MAPE _{całoc}	10,2	2,6	9,6	3,9	6,7	4,6	6,7	4,1	8,0	5,3	2,6	6,8	4,2	4,5	7,2	4,9	8,7	2,0	11,3	5,6	7,5	4,4
σ_{112} [%]	11,6	4,0	7,7	5,3	5,9	3,9	1,1	5,0	5,8	6,5	2,2	7,2	7,0	3,6	6,7	3,4	5,4	2,0			5,3	4,1
σ_{bez012} [%]	12,1	2,6	7,7	5,3	6,2	4,1	1,1	5,0	5,8	6,5	2,8	8,3	7,0	3,6	6,7	3,4	5,4	2,0			5,5	4,1
σ_{012} [%]											1,6	7,0									0,2	0,7
σ_{212} [%]					5,5	1,3							1,0	6,7							0,6	0,8
$\sigma_{całoc}$ [%]	11,6	4,0	7,7	5,3	6,4	3,5	1,1	5,0	5,8	6,5	2,6	7,2	5,6	4,4	6,3	4,4	5,4	2,0	1,5	7,9	5,4	5,0

6.2.3 Regresja wieloraka (RW)

Jako zmienne objaśniające użyto:

- zmienne ilościowe - wielkość średniego dobowego natężenia ruchu, udział pojazdów ciężkich (na podstawie *SDR*),

- zmienne jakościowe – przekrój poprzeczny (1x2 lub 2x2), klasa techniczna drogi (A lub GP – pozostawiono pomimo korelacji z przekrojem drogi, współczynnik korelacji równy -0,51, ze względu na spadek dokładności modelu o ponad 25% w przypadku jego pominięcia), obszar turystyczny, profil zmienności sezonowej (*SO4* – tak lub nie). Z analiz usunięto zmienne dotyczące między innymi roku pomiaru, regionu Polski, powiązanie przestrzenne, charakter przenoszonego ruchu czy wielkość *SDR* ze względu na brak statystycznej istotności.

W celu wykorzystania zmiennych jakościowych, przekształcono je na zmienne zero-jedynkowe (1 – przypadek ma daną cechę, 0 – przypadek nie ma tej cechy). Ostatecznie przyjęto następujący liniowy model regresji wielorakiej:

$$Q_{50sz} = 526,1 + 0,1 * SDR - 3,9 * uc + 366,4 * SO4 - 337,1 * p1x2 - 305,1 * A + 60,1 * ot \pm 61 \quad [P/h] \quad (6.2.3)$$

gdzie: *SDR* - wielkość średniego dobowego natężenia ruchu w roku [P/d], *uc* – udział pojazdów ciężkich [%], *SO4* – profil zmienności sezonowej *SO4*, *p1x2* – przekrój poprzeczny 1x2, *A* – klasa techniczna A, *ot* – obszar turystyczny.

Ponadto wykonano analizy dla kierunku ruchu umożliwiające szacowanie *Q₅₀* na krytycznym wlocie skrzyżowań (zmienne ilościowe i jakościowe pełen zakres oraz dodatkowo region Polski: Mazowsze / Pomorze / pozostałe i charakter przenoszonego ruchu). Ostatecznie przyjęto następujący liniowy model regresji wielorakiej:

$$Q_{50sz} = 277,6 + 0,1 * SDR - 1,9 * uc + 181,3 * SO4 - 196,9 * p1x2 - 51,6 * P + 43,3 * Maz - 232,3 * A + 73,4 * rd - 96,5 * rm + 79,7 * ot \pm 52 \quad [P/h] \quad (6.2.4)$$

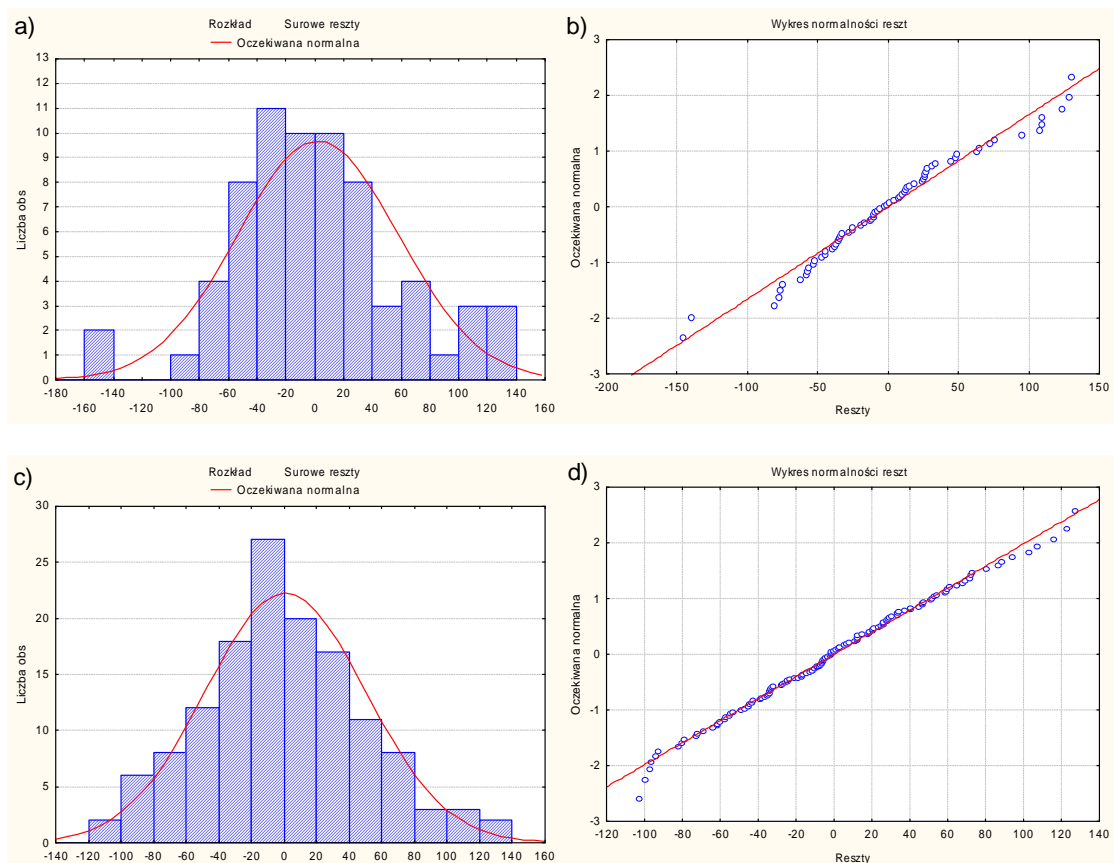
gdzie: *P* – Pomorze, *Maz* – Mazowsze, *rd* – ruch dalekobieżny, *rm* – ruch międzynarodowy (pozostałe oznaczenia jak we wzorze 6.2.3).

Zmienne reprezentujące średnie natężenie dobowe są silnie skorelowane dodatnio ze zmienną objaśnianą (współczynnik korelacji równy 0,94). Pozostałe zmienne charakteryzują się współczynnikiem korelacji w zakresie -0,46 do 0,16. Tab. 6.12 przedstawia uzyskane statystyki dla liniowego modelu regresji wielorakiej. Małe błędy szacunkowe, wysoka istotność otrzymanych parametrów dla $p < 0,05$ (zmienne objaśniające wykazujące istotność w statystyce *t-Studenta* zaznaczono na czerwono) oraz wartość wskaźnika $R^2_s = 0,97$ świadczą o dobrym dopasowaniu modelu. W celu potwierdzenia poprawności modelu wykonano jego weryfikację opartą o statystykę *F-Snedecora*, analizę wariancji - *ANOVA* oraz analizę reszt - rys. 6.11 (uzyskano pozytywną weryfikację modelu oraz rozkład normalny reszt, potwierdzony testem Shapiro - Wilka). Ponadto sprawdzono wymaganą liczebność próby koniecznej do szacunku *Q_{50sz}* z błędem maksymalnym równym połowie przedziału ufności (5 P/h dla przekroju drogi i 52 P/h dla kierunku ruchu – wynik łącznych analiz dróg dwu i wielopasowych) na poziomie ufności 0,95. Wymagana liczebność wynosi dla przekroju

drogi 65 (jest 68) a dla kierunku ruchu 134 (jest 137). W tab. 6.13 przedstawiono średnią wartość *MAPE* oraz σ uzyskane w kolejnych latach oraz ich wartości średnie (w analizach kierunkowych na przykładzie kierunku dominującego). Najlepszą dokładność szacowania uzyskano dla dróg wielopasowych (średni *MAPE* wynosi: 3,4% - przekrój drogi; 3,8% - kierunek dominujący).

Tab. 6.12. Wyniki analizy statystycznej dla modelu regresji: a) przekrój drogi, b) kierunek ruchu

a)							b)						
Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: Q50							Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: Q50k R=,99						
R=,98806986 R2=,97628204 Skoryg. R2=,97394913							R2=,97 Skoryg. R2=,97 F(10,126)=474,84 p<0,0000						
F(6,61)=418,48 p<0,0000													
zmienna objaśniająca	BETA	Błąd st.	β	Błąd st.	t(8241)	p	W. wolny	BETA	Błąd st.	β	Błąd st.	t(8241)	p
W. wolny			526,120	43,023	12,229	0,000				277,556	44,861	6,187	0,000
SDR	0,907	0,021	0,076	0,002	42,886	0,000	SDR	0,868	0,026	0,086	0,003	33,447	0,000
uc	-0,103	0,024	-3,850	0,887	-4,340	0,000	uc	-0,064	0,020	-1,936	0,606	-3,197	0,002
SO4	0,200	0,020	366,338	37,229	9,840	0,000	SO4	0,130	0,017	181,271	23,212	7,809	0,000
p1x2	-0,272	0,024	-337,111	29,441	-11,451	0,000	1x2	-0,187	0,029	-196,879	30,017	-6,559	0,000
A	-0,137	0,026	-305,053	57,788	-5,279	0,000	P	-0,049	0,019	-51,618	19,911	-2,592	0,011
ot	0,068	0,022	60,123	19,119	3,145	0,003	Maz	0,069	0,018	43,297	11,535	3,754	0,000
							A	-0,127	0,020	-232,283	37,362	-6,217	0,000
							rd	0,093	0,019	73,358	15,316	4,790	0,000
							rm	-0,157	0,022	-96,509	13,767	-7,010	0,000
							ot	0,111	0,021	79,723	15,335	5,199	0,000



Rys. 6.11. Analiza reszt dla modelu regresji: a), b) – przekrój drogi, c), d) – kierunek ruchu

Tab. 6.13. Porównanie dokładności szacowania Q_{50sz} przy wykorzystaniu modelu regresji wielorakiej

	przekrój drogi											kierunek dominujący										
	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	śred.	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	śred.
śr. MAPE ₁₁₂	4,8	4,3	3,9	4,9	4,3	7,6	3,5	5,3	5,2	0,9	4,5	6,1	6,2	7,1	5,2	7,2	4,2	5,5	4,4	4,7	4,4	5,5
śr. MAPE _{bez112}	5,0	4,3	3,8	4,9	4,3	7,0	3,5	5,3	5,2	0,9	4,4	5,6	6,2	7,2	5,2	7,2	4,7	5,5	4,4	4,7	4,4	5,5
śr. MAPE ₆₂₂	3,5		5,0			9,4					6,0	6,0				5,9						4,4
śr. MAPE ₂₁₂			1,1			1,1	6,6	4,3		4,0	3,4				0,8		1,0	2,4	7,0		7,9	3,8
śr. MAPE _{całoc.}	4,8	4,3	3,4	4,9	4,3	6,3	4,5	5,2	5,2	2,5	4,5	6,1	6,2	5,9	5,2	7,2	3,6	4,5	4,8	4,7	6,2	5,4
σ_{112} [%]	6,0	6,0	4,5	2,1	5,0	10,3	2,8	7,2	5,4		5,5	5,5	6,3	6,9	3,8	5,3	1,8	2,7	3,2	5,1		4,5
σ_{bez112} [%]	6,2	6,0	4,4	2,1	5,0	7,5	2,8	7,2	5,4		5,2	5,8	6,3	7,3	3,8	5,3	1,9	2,7	3,2	5,1		4,6
σ_{212} [%]			1,5				9,4				5,4				0,7							1,5
$\sigma_{całoc.}$ [%]	6,0	6,0	4,0	2,1	5,0	9,1	4,9	6,7	5,4	2,2	5,1	5,5	6,3	6,7	3,8	5,3	2,1	2,8	3,1	5,1	2,4	4,3

6.2.4 Sztuczne sieci neuronowe (SSN)

Do budowy modeli opartych na sztucznych sieciach neuronowych wykorzystano zmienne wejściowe wyselekcjonowane do modelu regresji wielorakiej (wielkość średniego dobowego natężenia ruchu, udział pojazdów ciężkich, przekrój poprzeczny, klasa techniczna drogi charakter przenoszonego ruchu, obszar turystyczny, profil zmienności sezonowej, region Polski).

Wyboru ostatecznego, optymalnego zestawu dokonano automatycznie za pomocą algorytmu genetycznego, przy czym ze względu na dopuszczalną liczbę zmiennych (maksymalnie 10% zbioru uczącego) wyselekcjonowano z nich odpowiednio: 4 dla przekroju drogi i 7 dla kierunku ruchu o największym ilorazie błędu. Poniżej w tab. 6.14 przedstawiono wyniki modelowania dla 3 najlepszych uzyskanych modeli (jednokierunkowa sieć wielowarstwowa *MLP* z jedną warstwą ukrytą), obejmujące: strukturę sieci (liczba zmiennych niezależnych na wejściu i wyjściu sieci oraz liczebności neuronów w poszczególnych warstwach sieci), wartość ilorazu odchyień i korelacji oraz iloraz błędu uzyskany z analizy wrażliwości dla każdej zmiennej w modelu (ocena wpływu zmiennych niezależnych). Wysoka wartość korelacji oraz niska wartość ilorazu odchyień świadczą o dobrym dopasowaniu wszystkich wyznaczonych modeli. Zgodnie z oczekiwaniem we wszystkich przypadkach największą wartość ilorazu błędu uzyskano dla zmiennej *SDR*, co świadczy o jej największym wpływie na jakość zbudowanej sieci *SSN*. Także pozostałe zmienne, wyselekcjonowane dla modeli regresji wielorakiej, wykazują istotność, co świadczy o ich dobrym wyborze. W tab. 6.15 przedstawiono średnią wartość *MAPE* oraz σ dla najlepszego modelu (zaznaczony na czerwono w tab. 6.14) uzyskane w kolejnych latach oraz ich wartości średnie. Najlepszą dokładność szacowania uzyskano w przypadku przekroju drogi dla dróg wielopasowych (średni *MAPE* wynosi 3,7%) oraz dla stacji numer 6 i 22 w przypadku analiz kierunkowych (średni *MAPE* wynosi 2,1%). Należy także zwrócić uwagę że wysoka wartość *MAPE* (przekrój drogi) uzyskana dla stacji numer 6 i 22 wynika z braku uwzględnienia w analizach profilu zmienności sezonowej.

Tab. 6.14. Statystyki opisowe dla modeli sztucznych sieci neuronowych

	struktura sieci	iloraz odchyień	korelacja	iloraz błędu z analizy wrażliwości							
				SDR	u_c	profil SO4	1x2	A	r. daleko - bieżny	r. między - narodowy	o. tury - styczny
przekrój drogi	4:4-7-1:1	0,31	0,95	2,74			1,39	1,20		1,33	
	4:4-5-1:1	0,33	0,95	2,61			1,64	1,10		1,71	
	4:4-8-1:1	0,34	0,94	2,55			1,50	1,03		1,56	
kierunek ruchu	7:7-7-1:1	0,20	0,98	4,63	1,17	1,19	1,43		1,08	1,28	1,05
	7:7-8-1:1	0,19	0,98	5,15	1,14	1,33	1,39		1,10	1,32	1,03
	7:7-6-1:1	0,19	0,98	4,84	1,14	1,18	1,44		1,13	1,28	1,04

Tab. 6.15. Porównanie dokładności szacowania Q_{50sz} przy wykorzystaniu modelu sztucznej sieci neuronowej dającego największą łączną dokładność (MLP 4:4-7-1:1, MLP 7:7-7-1:1)

	przekrój drogi										kierunek dominujący											
	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	śred.	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	śred.
Śr. MAPE _{1x2}	8,8	6,7	7,5	7,9	5,0	15,7	6,6	6,3	9,9	0,7	7,5	5,5	5,2	3,6	6,7	4,9	6,5	3,8	5,0	4,6	2,9	4,9
Śr. MAPE _{bez6i22}	7,4	6,7	5,5	7,9	5,0	6,9	6,6	6,3	9,9	0,7	6,3	5,9	5,2	3,9	6,7	4,9	7,6	3,8	5,0	4,6	2,9	5,1
Śr. MAPE _{6i22}	24,7		23,6			28,9					25,8	0,7		0,8			4,8					2,1
Śr. MAPE _{2x2}			5,0			1,4	8,8	2,6		0,6	3,7			7,5			3,5	5,5	7,6		7,1	6,2
Śr. MAPE _{całosc}	8,8	6,7	6,9	7,9	5,0	13,3	7,3	5,7	9,9	0,6	7,2	5,5	5,2	4,6	6,7	4,9	6,0	4,4	5,4	4,6	5,0	5,2
σ_{1x2} [%]	10,5	7,2	10,3	10,2	5,8	14,0	11,4	10,3	14,2		10,4	4,5	3,3	2,9	3,3	3,3	3,9	2,4	1,8	1,1		2,9
$\sigma_{bez6i22}$ [%]	9,0	7,2	7,6	10,2	5,8	6,5	11,4	9,7	14,2		9,1	4,4	3,3	3,0	3,3	3,3	2,3	2,4	1,8	1,1		2,8
σ_{6i22} [%]						9,2					9,2						6,4					6,4
σ_{2x2} [%]			1,8				12,3				7,0			11,2				0,8				6,0
$\sigma_{całosc}$ [%]	10,5	7,2	8,9	10,2	5,8	14,2	10,7	9,7	14,2	0,9	9,2	4,5	3,3	5,7	3,3	3,3	3,7	2,1	1,9	1,1	2,9	3,2

6.2.5. Porównanie modeli

W przypadku dróg jednojezdniowych (poza stanowiskami 6 i 22 zlokalizowanymi odpowiednio w ciągu: DK 7 w okolicy Elbląga oraz DK 22 w okolicy Gorzowa W.) uzyskano wysoką dokładność szacowania natężenia Q_{50sz} wszystkimi czterema metodami (MW, MPD2, RW – przekrój drogi i kierunek dominujący, SSN – kierunek dominujący) – średni MAPE równy 4,9%. Najlepszą dokładność uzyskano przy wykorzystaniu metody według drugiego projektowego dnia projektowego miesiąca. W przypadku dróg o profilu zmienności sezonowej SO4 i dróg wielopasowych najlepszą dokładność uzyskano według pierwszego projektowego dnia projektowego miesiąca. Uzyskano redukcję średniej wielkości MAPE w stosunku do obecnie stosowanej metody wskaźnikowej odpowiednio o: stanowisko 6 i 22 oraz drogi wielopasowe o około 84%, pozostałe drogi jednojezdniowe w przypadku metody MPD2 o 33% (tab. 6.16). W przypadku modelu regresji wielorakiej (przekrój drogi) uzyskano redukcję średniej wielkości MAPE (w stosunku do metody wskaźnikowej) w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych o około 22%, dla stanowiska numer 6 i 22 o 34% oraz dróg wielopasowych o 83%. Ponadto uzyskano wysoką dokładność modelu opartego na danych odnoszących się do kierunku ruchu (średni MAPE dla kierunku dominującego równy 5,4%). W przypadku SSN (przekrój drogi) ze względu na brak możliwości uwzględnienia w modelu znaczących zmiennych objaśniających, uzyskano redukcję w stosunku do MW jedynie w odniesieniu do dróg wielopasowych (redukcja średniej wielkości MAPE o 81%). Ze względu na ograniczenia praktyczne w stosowaniu metody wskaźnikowej (wymagana znajomość podziału sieci dróg ze względu na zmienność udziału natężenia 50h w SDR, co ze

względu na znaczne zróżnicowanie w obrębie jednej stacji w kolejnych latach oraz pomiędzy stacjami jest bardzo trudne), metody *MPD* (oprócz znajomości podziału sieci dróg ze względu na projektowy miesiąc - ten sam podział jak dla zmienności sezonowej - ze względu na zmienność w kolejnych latach projektowego dnia, wymagany jest także tygodniowy okres pomiarowy) oraz modeli *SSN* (brak możliwości matematycznego zapisu zależności zachodzących w modelach oraz konieczność zastosowania odpowiednio licznej próby) najbardziej użyteczne jest stosowanie modeli regresyjnych. Za stosowaniem tych modeli przemawiają ponadto: – brak statystycznej istotności roku pomiaru (zgodnie z p. 6.2.3) co umożliwi budowanie modeli regresyjnych w oparciu o dane historyczne oraz – ich uniwersalność zarówno w odniesieniu do przekroju drogi jak i kierunków ruchu dla dróg jedno i dwu jezdniowych a także o zróżnicowanym charakterze przenoszonego ruchu.

Należy także nadmienić, że ze względu na obiecujące wstępne wyniki analiz szacowania Q_{50sz} na podstawie kilkugodzinnego piątkowego pomiaru ruchu (tab. 6.9) należy kontynuować te analizy. Przy takim podejściu można zredukować długość pomiaru ruchu a także uniknąć potęgowania się błędów (nie ma potrzeby wyznaczania *SDR*). Ponadto pomiary można przeprowadzać praktycznie przez cały rok (poza XII-II oraz VII i VIII przy dominującej sobocie/niedzieli). Jednakże ze względu na zbyt małą próbę nie było możliwe zbudowanie pożądanego ze względu na statystyczną istotność roku pomiaru, modelu dla jednego roku i określenia dokładności szacowania na lata przyszłe. Przykładowo dla modelu dla roku 2010 uzyskano średni *MAPE* 2,5% przy czym dla dominującego piątku 0,9% (średnia dla 8 stacji) i dla dominującej soboty/niedzieli 5,0% (średnia dla 5 stacji). Dlatego też nie można wyciągać ostatecznych wniosków.

Tab. 6.16. Porównanie dokładności szacowania Q_{50}

		Metoda	średnia MAPE [%]				
			1x2	1x2 bez6i2	st. nr 6 i 22	2x2	całość
przekrój drogi	wskaźnikowa - MW	5,7	5,6	9,0	19,7	8,0	
	projektowy dzień - MPD1	7,8	7,8	1,7	2,6	7,4	
	projektowy dzień - MPD2	3,8	3,8	2,2	4,3	4,4	
	regresja wieloraka - RW	4,5	4,4	6,0	3,4	4,5	
	sztuczne sieci neuronowe - SSN	7,5	6,3	25,8	3,7	7,2	
kierunek ruchu	regresja wieloraka - RW	6,6	6,4	5,9	4,5	6,5	
	RW - kierunek dominujący	5,5	5,5	4,4	3,8	5,4	
	sztuczne sieci neuronowe - SSN	6,6	6,7	3,5	6,2	6,8	
	SSN - kierunek dominujący	4,9	5,1	2,1	6,2	5,2	

6.3. Określenie czasowego zakresu pomiarów wyrwykowych do wyznaczenia natężeń miarodajnych

Ponieważ kluczową wartością w wyznaczeniu Q_m jest *SDR* dlatego też zakres pomiarów wyrwykowych powinien być tak dobrany aby umożliwić jak najdokładniejsze jego szacowanie. W przypadku pomiarów dobowych zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami w rozdziale 4, najlepszym okresem przeprowadzania pomiarów są miesiące V – X (najlepsze

IX – X) oraz dni tygodnia wtorek – czwartek (najlepszy środa). Dla danych pochodzących z tego okresu uzyskano nie tylko największą dokładność szacowanego *SDR* ale także najmniejsze zróżnicowanie kolejnych dobowych natężeń ruchu. W przypadku pomiarów krótszych od doby w celu określenia najkorzystniejszych godzin i długości okresu przeprowadzania pomiarów dla wyznaczenia natężenia dobowego, zbadano związek pomiędzy natężeniem *n* - godzinowym (Q_{dgi}) a natężeniem dobowym (Q_{di}) w kolejnych dniach tygodnia. Analizy prowadzono na losowo wybranych reprezentantach punktów o różnych typach dobowych wahań ruchu tj. stacji numer 9, 29 (ogół pojazdów), 5 (pojazdy ciężkie) i 41 (ogół pojazdów) w 12 okresach pomiarowych (od pomiaru 1-godzinowego do 12-godzinowego). Stanowisko numer 5 reprezentuje profil dobowych wahań DC_{w-c1} , stanowisko numer 9 – DO_{w-c2} i DC_{w-c2} , stanowisko numer 29 – DO_{w-c1} i DO_{w-c2} oraz stanowisko numer 41 – DO_{w-c3} . Jako miarę zależności pomiędzy zmiennymi losowymi użyto: współczynnik korelacji ρ oraz współczynnik determinacji R^2 (dopasowana funkcja liniowa). Ponadto określono odchylenie standardowe σ , współczynnik zmienności ruchu ε (w odniesieniu do natężeń godzinowych a nie udziałów danej godziny w dobie) oraz *MAPE* (błąd szacowania natężenia dobowego na podstawie *n* - godzinowych pomiarów). Ponieważ poszczególne odcinki dróg mogą należeć do różnych typów zmienności dobowej (zróżnicowanie ze względu na strukturę kierunkową i rodzajową) poszukiwano najkorzystniejszego okresu łącznie dla wszystkich przypadków (ogół pojazdów kierunek 1 i 2, pojazdy ciężkie kierunek 1 i 2). W tab. 6.17 przedstawiono na przykładzie środy (godziny od 6:00 do 22:00), średnie wartości miar (ρ , R^2 , σ , ε , *MAPE*) ze wszystkich dni w roku (poza dniami ustawowo wolnymi oraz bezpośrednio z nimi związanymi). Na szaro zaznaczono najkorzystniejsze godziny przeprowadzania pomiarów. W tab. 6.18 zestawiono średni *MAPE* natężeń dobowych szacowanych na podstawie 1, 2 i 3 – godzinnych pomiarów w godzinach 9:00-15:00 oraz w przypadku pojazdów ciężkich w godzinach 14:00 – 17:00. Na szaro zaznaczono dni o najmniejszych średnich wartościach *MAPE*, są to wtorek i środa. Na rysunku 6.12 przedstawiono wykres rozrzutu wartości (danych) empirycznych oraz linii regresji zależności natężeń dobowych od natężeń *n* - godzinowych pomierzonych w godzinach 9:00 - 15:00 na przykładzie stanowiska numer 9 (środa). Na rysunku 6.13 przedstawiono histogram uzyskanych reszt dla godziny 12-13, 12-14 i 12-15 (uzyskany pożądany charakter rozkładu normalnego świadczy o dobrym dopasowaniu funkcji do danych rzeczywistych). Z przeprowadzonych analiz wynika, że największe wartości R^2 i ρ oraz najmniejsze σ , ε i *MAPE* uzyskuje się w przypadku ogółu pojazdów w godzinach 9:00 – 15:00 oraz w przypadku pojazdów ciężkich w godzinach 14:00 - 17:00, we wtorki i środy (w godzinach 9:00 - 18:00 uzyskano także najmniejsze zróżnicowanie godzinowych natężeń ruchu – rozdział 4). W przypadku ogółu pojazdów już przy pomiarze 1-godzinowym (w godzinach 9:00 – 15:00, wtorek i środa) uzyskano wysoką dokładność szacowania natężenia dobowego (średni *MAPE* = 6,4%). W przypadku pojazdów ciężkich uzyskano mniejszą dokładność,

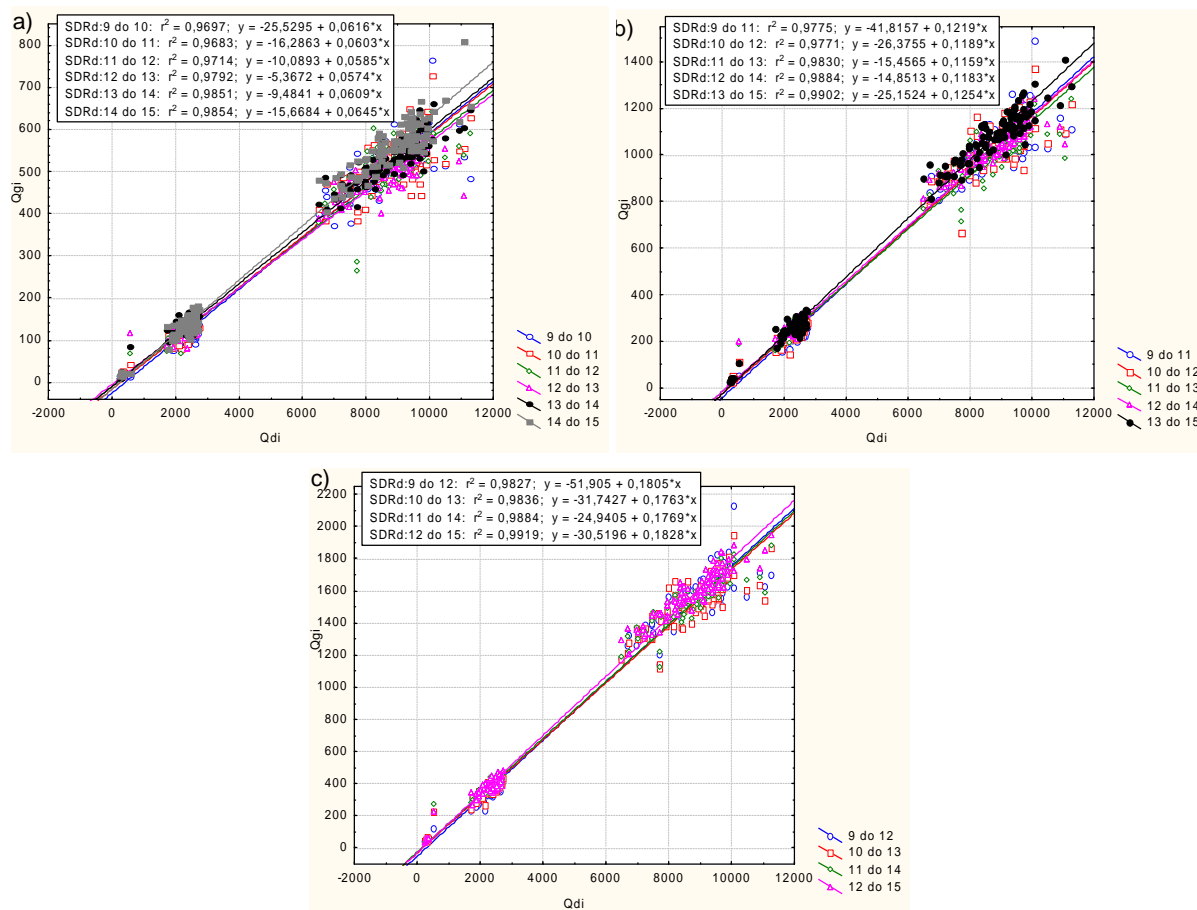
a średni MAPE dla godzin 9:00 – 15:00 wynosi 11,0% a dla godzin 14:00 – 17:00 – 10,0%. Przy zwiększaniu długości pomiaru z 1 godziny do 2 i 3, uzyskuje się redukcję średniego MAPE odpowiednio o około 20 i 28%.

Tab. 6.17. Statystyki opisowe zależności natężenia dobowego od natężeń 3-godzinowych

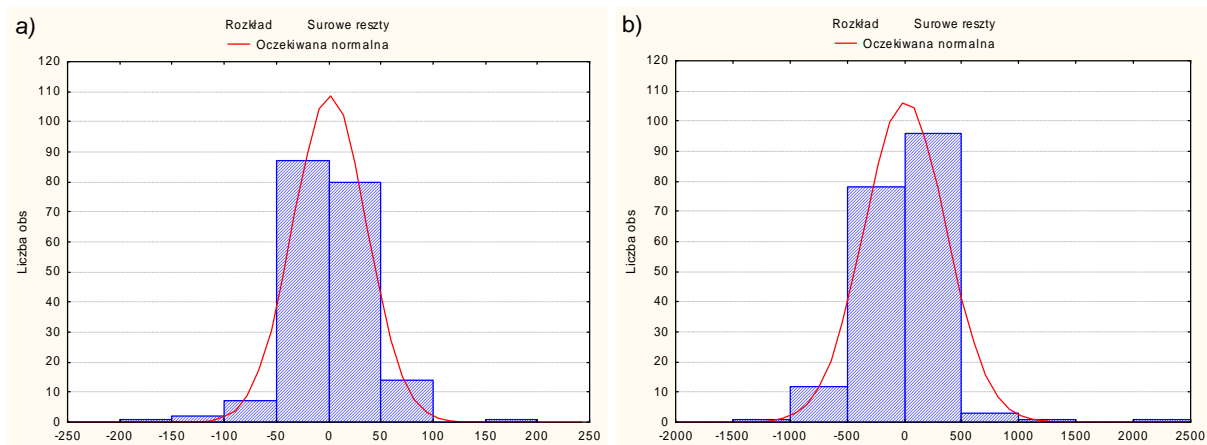
przypadek	statystyki opisowe zależności godzin wykonywania pomiaru 3 - godzinowego od natężenia dobowego																
	h	6 do 9	7 do 10	8 do 11	9 do 12	10 do 13	11 do 14	12 do 15	13 do 16	14 do 17	15 do 18	16 do 19	17 do 20	18 do 21	19 do 22		
9 k1 ogół pojazdów	ρ [-]	0,77	0,79	0,80	0,77	0,75	0,85	0,91	0,86	0,85	0,82	0,85	0,82	0,78	0,76		
	σ [-]	242,02	179,30	140,67	131,33	130,89	130,38	144,33	160,02	175,72	170,80	174,77	175,62	179,46	162,97		
	MAPE [%]	11,02	4,99	4,39	5,08	6,20	5,63	5,19	5,58	5,39	5,25	4,56	5,23	6,69	7,86		
	ε [%]	18,74	12,01	8,92	8,45	8,65	8,54	9,08	9,60	10,19	9,88	10,48	11,66	13,79	15,39		
9 k2 ogół pojazdów	ρ [-]	0,73	0,72	0,70	0,75	0,82	0,89	0,92	0,93	0,92	0,90	0,83	0,82	0,82	0,81		
	σ [-]	233,42	189,55	175,64	172,92	155,76	148,33	145,83	162,24	165,88	174,72	179,65	209,40	242,80	234,73		
	MAPE [%]	11,05	6,83	6,19	5,60	5,18	4,73	4,92	4,63	4,13	4,04	5,38	7,62	11,53	14,58		
	ε [%]	19,35	13,54	11,68	11,10	9,95	9,43	9,09	9,62	9,44	9,84	10,62	13,50	17,80	20,72		
st. 9 k1 pojazdy ciężkie	ρ [-]	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97		
	σ [-]	136,49	134,83	135,99	133,29	130,29	129,70	130,49	132,37	135,89	131,25	124,08	111,71	99,04	88,26		
	MAPE [%]	11,61	7,15	5,32	5,84	9,94	11,55	10,09	7,72	8,09	8,23	8,84	10,08	12,26	13,24		
	ε [%]	45,44	45,19	44,30	43,15	42,14	42,03	42,18	42,55	43,75	43,82	43,99	43,96	43,95	45,16		
st. 9 k2 pojazdy ciężkie	ρ [-]	0,86	0,82	0,88	0,84	0,85	0,79	0,83	0,87	0,81	0,82	0,79	0,81	0,81	0,75		
	σ [-]	44,38	37,46	39,83	45,27	45,36	38,37	38,20	37,62	40,82	37,41	34,77	39,46	39,35	40,61		
	MAPE [%]	6,64	8,56	9,66	8,18	5,62	4,99	5,35	6,77	8,51	8,03	8,97	10,23	12,19	11,66		
	ε [%]	13,94	11,64	11,98	12,87	12,12	9,77	9,35	9,02	9,89	9,47	9,29	11,23	12,08	14,05		
st. 9	R^2 [-]	0,95	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,95		
	ρ [-]	0,82	0,85	0,92	0,96	0,95	0,94	0,93	0,89	0,90	0,93	0,95	0,95	0,96	0,94		
	σ [-]	162,73	158,53	159,17	170,78	181,17	166,22	160,85	153,77	164,35	192,27	241,63	268,04	264,56	234,92		
	MAPE [%]	22,85	12,57	6,52	3,09	3,14	3,36	3,69	4,69	4,94	6,37	7,72	10,27	12,39	15,98		
st. 29 k1 ogół pojazdów	ε [%]	7,85	8,51	9,38	10,76	11,68	10,66	10,11	9,30	9,72	11,41	15,55	20,33	25,32	29,93		
	ρ [-]	0,78	0,84	0,90	0,93	0,95	0,94	0,96	0,91	0,81	0,72	0,85	0,93	0,93	0,89		
	σ [-]	160,13	178,73	196,75	195,73	206,67	189,98	176,06	144,44	125,64	125,73	185,78	239,76	288,67	262,53		
	MAPE [%]	11,24	5,19	4,22	3,95	4,13	3,71	3,48	8,16	16,39	23,88	26,73	23,91	17,87	12,31		
st. 29 k2 ogół pojazdów	ε [%]	13,97	12,28	12,55	12,13	12,76	11,70	10,37	7,73	6,07	5,79	8,94	13,30	20,00	24,34		
	R^2 [-]	0,80	0,95	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96	0,95	0,94	0,94	0,92	0,90		
	ρ [-]	0,88	0,88	0,90	0,94	0,93	0,91	0,87	0,85	0,85	0,83	0,84	0,83	0,80	0,71		
	σ [-]	91,33	91,73	86,20	84,00	86,52	85,07	82,22	85,46	92,08	102,22	99,81	88,98	76,41	72,90		
st. 41 k1 ogół pojazdów	MAPE [%]	10,12	6,24	4,62	3,53	4,50	4,62	5,36	6,41	6,07	6,18	7,19	10,29	13,66	16,09		
	ε [%]	16,18	15,64	14,36	13,83	14,05	13,71	13,12	13,17	13,68	15,14	15,68	15,57	15,27	16,67		
	ρ [-]	0,75	0,83	0,86	0,88	0,93	0,93	0,92	0,92	0,93	0,84	0,79	0,85	0,83	0,78		
	σ [-]	90,38	82,28	81,30	85,98	82,69	87,31	90,16	98,61	101,36	115,19	117,02	116,32	121,26	123,89		
st. 41 k2 ogół pojazdów	MAPE [%]	11,42	7,95	5,52	5,12	5,68	7,39	7,42	7,51	4,78	4,80	5,75	6,94	7,29	8,75		
	ε [%]	13,65	11,60	11,34	11,82	11,14	11,38	11,42	12,05	12,39	14,41	15,52	16,28	18,19	20,78		
	R^2 [-]	0,76	0,83	0,85	0,88	0,90	0,89	0,85	0,84	0,86	0,79	0,76	0,81	0,77	0,71		
	ρ [-]	0,82	0,77	0,67	0,75	0,79	0,80	0,82	0,78	0,82	0,84	0,86	0,76	0,69	0,70		
st. 5 k1 pojazdy ciężkie	σ [-]	42,22	34,91	36,99	37,15	36,57	35,18	31,50	31,21	31,15	33,08	32,86	30,18	24,85	18,93		
	MAPE [%]	21,07	9,58	5,91	6,20	6,61	6,17	6,08	6,59	5,99	6,15	9,56	16,24	24,44	26,95		
	ε [%]	13,24	10,91	11,49	11,88	11,89	11,70	10,73	10,94	11,54	13,33	15,97	19,07	21,92	21,65		
	ρ [-]	0,91	0,86	0,89	0,92	0,88	0,83	0,82	0,83	0,89	0,94	0,93	0,92	0,84	0,77		
st. 5 k2 pojazdy ciężkie	σ [-]	40,93	43,35	41,13	38,15	40,70	37,28	36,47	33,43	34,31	43,04	50,06	47,41	38,43	27,81		
	MAPE [%]	8,29	8,90	16,64	19,46	14,39	10,60	9,39	8,53	6,71	7,77	11,02	12,93	13,63	14,09		
	ε [%]	17,31	14,18	11,61	10,27	11,49	11,12	11,28	10,85	11,85	16,03	21,25	24,69	26,41	24,97		
	R^2 [-]	0,48	0,70	0,47	0,35	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,70	0,65	0,55	0,42	0,38		
st. 5 - ci.	ρ [-]	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,88	0,90	0,88	0,88	0,86	0,87	0,87	0,84	0,81		
	σ [-]	124,40	113,07	109,37	109,46	109,66	104,78	103,61	103,92	106,72	112,57	124,04	132,69	137,48	126,75		
	MAPE [%]	12,53	7,80	6,90	6,60	6,54	6,28	6,10	6,66	7,10	8,07	9,57	11,37	13,20	14,15		
	ε [%]	17,97	15,55	14,76	14,63	14,59	14,00	13,67	13,48	13,85	14,91	16,73	18,96	21,47	23,37		
wartości średnie	R^2 [-]	0,75	0,86	0,82	0,80	0,83	0,84	0,84	0,84	0,86	0,86	0,83	0,82	0,77	0,74		

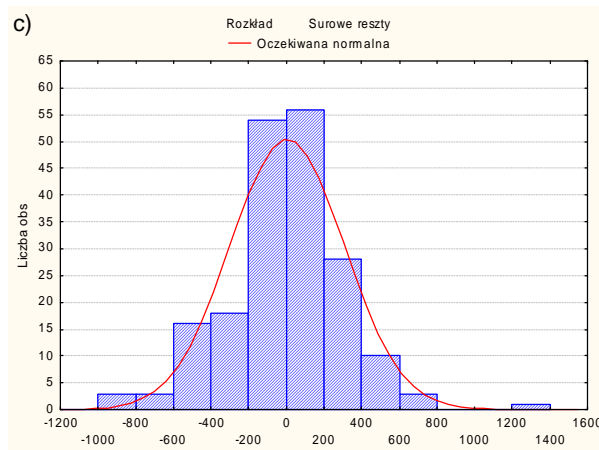
Tab. 6.18. Średni MAPE natężeń dobowych szacowanych na podstawie 1, 2 i 3 - godzinnych pomiarów w godzinach 9:00-15:00

długość pomiaru [h]	stanowisko numer 5						stanowisko numer 9						stanowisko numer 29						stanowisko numer 41													
	pojazdy ciężkie			ogół pojazdów			pojazdy ciężkie			ogół pojazdów			pojazdy ciężkie			ogół pojazdów			pojazdy ciężkie			ogół pojazdów										
	kierunek 1	kierunek 2		kierunek 1	kierunek 2		kierunek 1	kierunek 2		kierunek 1	kierunek 2		kierunek 1	kierunek 2		kierunek 1	kierunek 2		kierunek 1	kierunek 2		kierunek 1	kierunek 2									
poniedziałek	9,7	7,5	6,7	17,1	15,0	14,1	7,8	6,8	6,3	6,6	5,7	5,2	12,6	10,2	8,9	9,5	6,6	5,4	7,0	5,9	5,5	6,0	4,4	3,9	11,9	10,9	10,3	11,2	9,76	8,5		
wtorek	9,9	8,2	7,5	15,1	14,1	13,9	6,1	5,1	4,6	5,7	4,9	4,3	10,8	8,2	7,2	8,2	5,9	5,0	5,1	4,0	3,4	5,4	4,1	3,6	8,2	6,2	5,4	7,8	6,69	6,13		
środa	9,1	7,1	6,3	15,5	14,0	13,6	6,6	5,9	5,5	6,7	5,6	5,1	12,8	10,3	9,4	10,1	7,4	6,0	4,8	3,8	3,3	5,7	4,4	3,8	7,2	5,4	4,5	8,2	6,87	6,4		
czwartek	9,5	8,3	7,7	15,5	14,1	13,6	8,4	7,7	7,3	6,6	5,6	5,0	11,7	9,8	8,7	10,1	8,1	6,6	5,0	4,1	3,5	6,3	4,9	4,3	8,3	6,3	5,3	10,0	9,07	8,66		
piątek	9,1	7,2	6,3	17,7	16,1	15,4	10,7	10,5	10,4	11,4	10,3	9,6	13,2	10,0	8,3	10,3	8,1	6,4	5,3	4,1	3,5	6,5	5,1	4,3	9,1	6,8	5,5	9,1	8,01	7,51		
godzina pomiaru 14:00 – 17:00																																
poniedziałek	9,4	7,0	5,8	12,2	10,1	9,58											12,5	8,74	7,67	10,8	8,89	8,6										
wtorek	8,8	6,5	5,4	9,69	7,08	6,38											11,7	9,12	7,84	9,8	8,41	7,3										
środa	9,0	6,7	6,0	9,85	7,21	6,71											11,8	9,24	8,09	10,6	8,94	8,5										
czwartek	9,5	7,0	5,8	10,1	7,75	6,97											14,1	11,2	9,94	11,3	10,1	9,3										
piątek	9,2	7,0	6,4	10,1	7,71	6,76											13,9	11	10,6	12,5	11,4	10,5										



Rys. 6.12. Wykres rozrzutu punktów empirycznych i linie regresji zależności nateżeń dobowych od nateżeń pomierzonych w godzinach 9:00 – 15:00 w interwale: a) 1 godzinnym, b) 2 godzinnym, c) 3 godzinnym – stanowisko numer 9, środa





Rys. 6.13. Histogram funkcji reszt zależności natężeń dobowych od natężeń pomierzonych w godzinach: a) 12:00 - 13:00, b) 12:00 – 14:00, c) 12:00 – 15:00 - stanowisko numer 9, środa

Pomiary ruchu w określonych godzinach (9:00 – 15:00) mogą być przeprowadzane jedynie przy znanym charakterze zmienności dobowej (występowanie i wielkość szczytów przed i po-południowych). Przy braku takiej wiedzy pomiar ruchu należy rozszerzyć o godziny mogące zawierać oba szczyty ruchu oraz dające jednocześnie nadal wysoką dokładność szacowania natężenia dobowego. Tak też pomiar należy przeprowadzić we wtorki i środy w godzinach: 7:00 – 10:00 - średni $R^2 = 0,85$, $MAPE = 6,5\%$ oraz 14:00 - 17:00 - średni $R^2 = 0,87$, $MAPE = 5,9\%$ (drogi wojewódzkie 13:00 – 16:00). Łącznie na podstawie sześciogodzinnego pomiaru ruchu uzyskano dla wtorku i środy w odniesieniu zarówno do ogółu pojazdów jak i pojazdów ciężkich średnią wartość $MAPE = 5,7\%$. Jednocześnie na podstawie stosunku największego godzinowego natężenia ruchu z pomiaru w godzinach popołudniowych do porannych można dobrać odpowiedni profil zmienności dobowej zgodnie z tab. 6.19 (dla miesięcy IX – X uzyskano dokładność bliską 90%).

Tab. 6.19. Dobór profilu zmienności dobowej w zależności od wielkości stosunku największego godzinowego natężenia ruchu z pomiarów porannych do popołudniowych

	DO _{w-c} 1	DO _{w-c} 2	DO _{w-c} 3	DO _{w-c} 4	DC _{w-c} 1	DC _{w-c} 2	DC _{w-c} 4
stosunek największego godzinowego natężenia ruchu z pomiaru w godzinach 14 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰ (13 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰ drogi wojewódzkie) do 7 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	< 1,0	1,0 - 1,2	1,0 - 1,3 ($u_c > 30\%$)	> 1,2	< 1,0	1,0 - 1,2	> 1,2
	WDO _s 1	WDO _s 2	WDO _s 3	WDC _s 1	WDC _s 2	WDC _s 3	WDC _s 4
	> 1,2	1,0 - 1,2	< 1,0	> 1,3	< 1,0	1,1 - 1,3	1,0 - 1,1

6.4. Wyznaczanie natężeń miarodajnych dla potrzeb eksploatacji wybranych obiektów drogowych, na bazie krótkotrwałych i ciągłych pomiarów ruchu

Poniżej przedstawiono tok postępowania w celu wyznaczenia natężenia miarodajnego dla potrzeb eksploatacji dróg w zależności od długości pomiaru ruchu. W odniesieniu do SDR analizy należy prowadzić osobno dla każdego z kierunków ruchu natomiast dla Q_{50} w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych w przekroju drogi, dróg wielopasowych dla kierunku dominującego, skrzyżowań drogowych grupy I (zbliżony rozkład ruchu na

wszystkich wlotach) w przekroju drogi nadrzędnej, skrzyżowań grupy II (znacznie większe udział ruchu na kierunku głównym) dla kierunków ruchu (wlot krytyczny). Przedstawione procedury umożliwiają wyznaczenie natężenia miarodajnego dla dróg krajowych dla ogółu pojazdów oraz w przypadku *SDR* także dla pojazdów ciężkich oraz w uproszczeniu dla dróg wojewódzkich.

1. Pomiar dobowy:

- zakwalifikowanie odcinka drogi do odpowiedniego profilu zmienności sezonowej zgodnie z rys. 6.14 (w przypadku pojazdów ciężkich profil *SC1* poza odcinkami zlokalizowanymi na obszarach turystycznych oraz leżących w strefie przygranicznej gdzie *SC2*) i tygodniowej zgodnie z rys. 6.15 (w przypadku pojazdów ciężkich profil *TC2* poza odcinkiem autostrady gdzie *TC4/TC5* oraz wschodnim pasem Polski gdzie profil dla poszczególnych kierunków *TC1/TC3*),
- przyjęcie odpowiednich wskaźników przeliczeniowych natężenia dobowego na *SDR* według tab. 4.25 i 4.27 (w przypadku dróg wojewódzkich zgodnie z p. 4.5.2 i 4.5.3),
- wyznaczenie wartości *SDR* zgodnie ze wzorem 2.2.5,
- wyznaczenie Q_{50} zgodnie ze wzorem 6.2.3 lub 6.2.4. W przypadku analiz długookresowych średniego poziomu dźwięku (L_{DWN}) przyjęcie wskaźników przeliczeniowych *SDR* na natężenie miarodajne według tab. 5.16 (najpierw wykreślenie profili dobowych i wizualny dobór najbliższego profilu zgodnie z rys. 4.21 – w przypadku różnych profili dla kierunków ruchu jako ich średnią). W przypadku analiz poziomu hałasu (L^P_{Aeq}) należy wykonać pomiar dobowy w przypadku dominującego okresu nocy (głównie profil zmienności *SC1*) w poniedziałek w miesiącu VII lub VIII, w przypadku dominującego okresu dnia (głównie profil zmienności *SC2*) w czwartek w miesiącu VI lub X i bezpośrednio na jego podstawie wyznaczyć natężenie miarodajne (średnie natężenie ogółu pojazdów i u_c dla okresu dnia/nocy),
- wyznaczenie udziału pojazdów ciężkich. W przypadku analiz odcinków drogowych jako stosunek *SDR* pojazdów ciężkich do *SDR* ogółu pojazdów. W przypadku skrzyżowań drogowych dla dróg o największych natężeniach w roku w niedzielę lub sobotę (drogi zakwalifikowane do profilu zmienności sezonowej *SO4* lub zmienności tygodniowej *TO2*, poza drogami wielopasowymi) na podstawie uzupełniającego niedzielного pomiaru ruchu w miesiącu VII lub VIII w godzinach 15:00 – 19:00 (kierunek ruchu), w pozostałych przypadkach na podstawie *SDR*,
- wyznaczenie struktury kierunkowej. W przypadku analiz odcinków drogowych jako stosunek SDR^k do *SDR* (ogół pojazdów). W przypadku skrzyżowań drogowych dla dróg o największych natężeniach w roku w niedzielę lub sobotę (poza drogami wielopasowymi) na podstawie uzupełniającego niedzielного pomiaru ruchu w miesiącu VII lub VIII w godzinach 15:00 – 19:00, w przypadku dróg wielopasowych

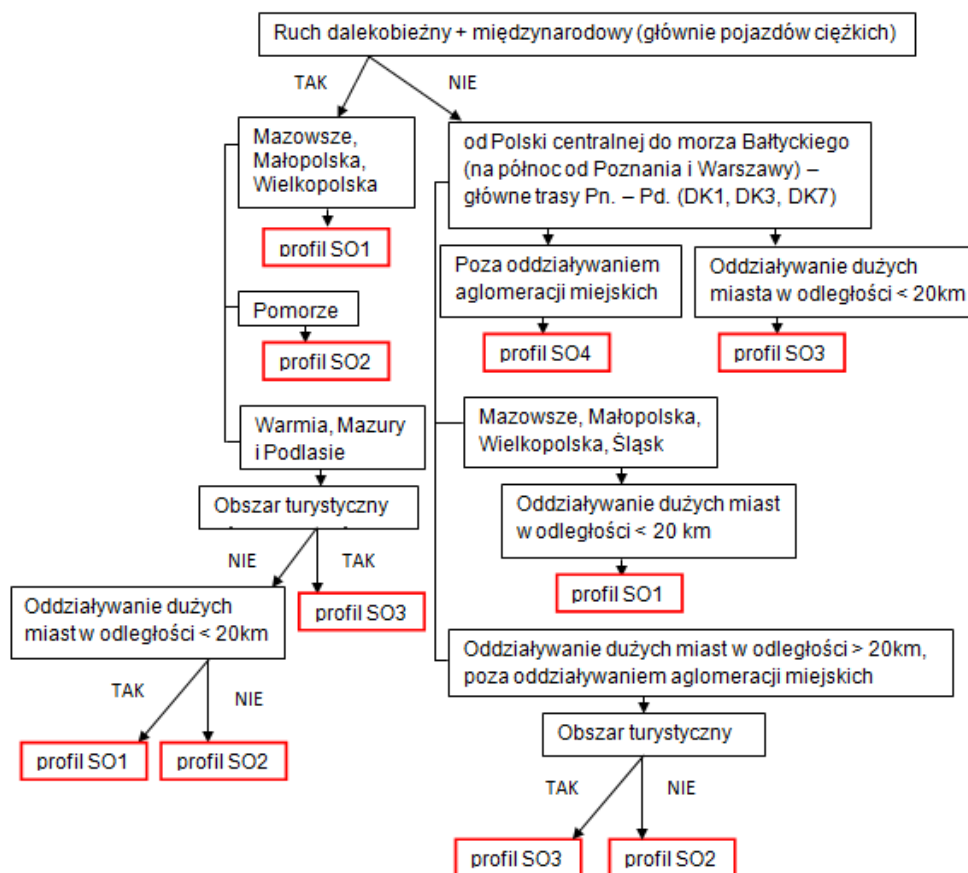
z uzupełniającego piątkowego pomiaru ruchu w miesiącu VII lub VIII w godzinach 15:00 – 19:00 w pozostałych przypadkach na podstawie SDR.

2. Pomiar ciągły:

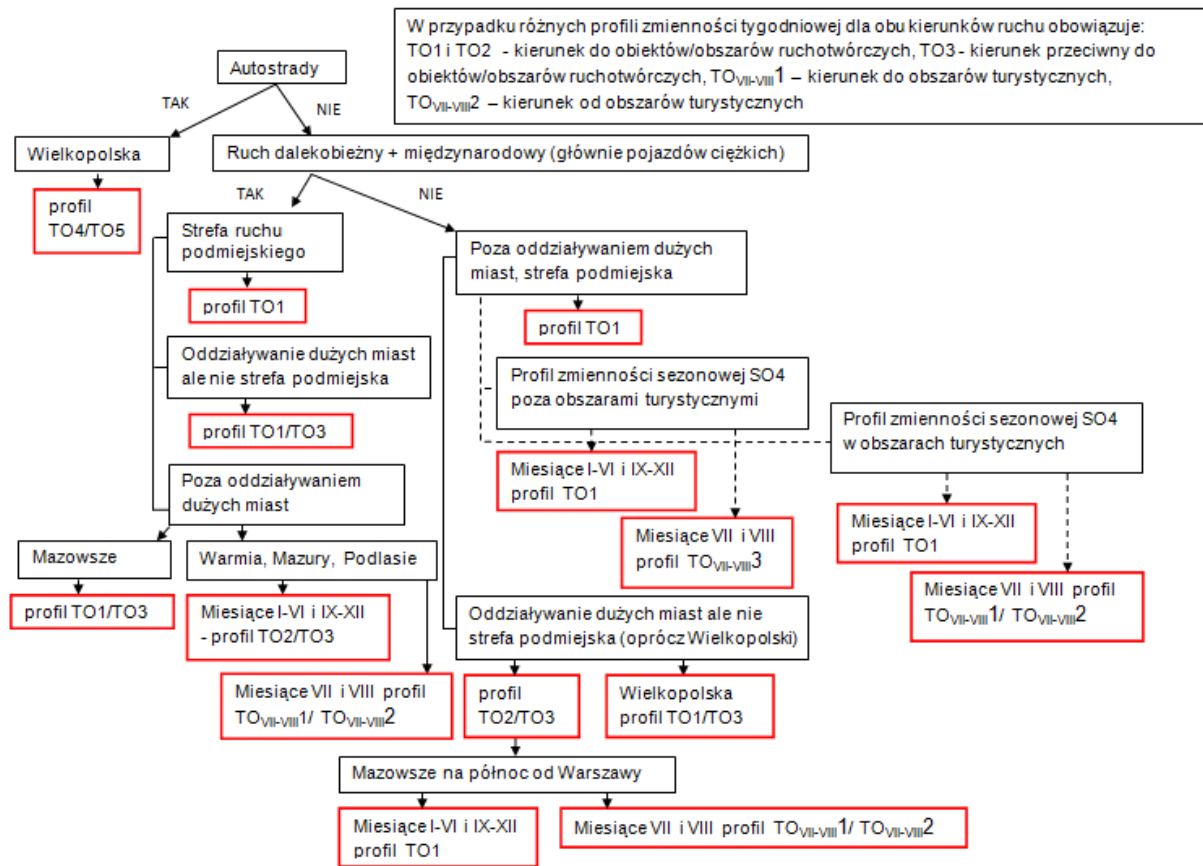
- wyznaczenie wartości SDR w przypadku pełnych danych ze wzoru 2.2.3 lub 2.2.4 oraz w przypadku niepełnych danych ze wzoru 2.2.4,
- wyznaczenie Q_{50} w przypadku pełnych danych jako 50 wartość z największych godzinowych natężeń w roku oraz w przypadku niepełnych danych według wzoru 6.2.3 lub 6.2.4.

3. Pomiar kilkugodzinny w dniach wtorek – środa (środa dla dróg wojewódzkich):

- zakwalifikowanie na podstawie pomiaru ruchu lub znajomości ruchu odcinka drogi do odpowiedniego profilu zmienności dobowej zgodnie z tab. 6.19, 6.20 lub rys. 4.21,
- przyjęcie odpowiednich wskaźników przeliczeniowych natężenia godzinowego na natężenie dobowe według tab. 4.23 (dla pomiarów kilkugodzinnych należy zsumować wskaźniki przeliczeniowe odpowiednich godzin),
- wyznaczenie natężenia dobowego z przekształcenia wzoru 4.3.1 (dla pomiarów kilkugodzinnych na podstawie sumy natężeń z poszczególnych godzin). W przypadku analiz poziomu hałasu ewentualnie zgodnie z tab. 5.16,
- dalsze postępowanie tak jak w punkcie 1 dla pomiaru dobowego.



Rys. 6.14. Schemat przypisania odcinka drogi do odpowiedniego profilu zmienności sezonowej – ogół pojazdów



Rys. 6.15. Schemat przypisania odcinka drogi do odpowiedniego profilu zmienności tygodniowej – ogół pojazdów

Tab. 6.20. Dobór profilu zmienności dobowej w zależności od występowania szczytów ruchu

		opis zmienności		DK	DW
ogół pojazdów		występowanie dwóch szczytów ruchu z większym porannym		DO _{w-c} 1	WDO _g 3
		występowanie dwóch szczytów ruchu z większym popołudniowym			WDO _g 2
		występowanie jednego wyraźnego szczytu popołudniowego		DO _{w-c} 4	WDO _g 1
		występowanie jednego szczytu popołudniowego		DO _{w-c} 2	
		występowanie jednego szczytu popołudniowego i $u_c > 30\%$		DO _{w-c} 3	
pojazdy ciężkie		występowanie jednego wyraźnego szczytu popołudniowego			WDC _g 1
		występowanie jednego szczytu popołudniowego		DC _{w-c} 4	WDC _g 3
		występowanie jednego wyraźnego szczytu porannego			WDC _g 2
		występowanie jednego szczytu porannego		DC _{w-c} 1	
		brak szczytów ruchu		DC _{w-c} 2	WDC _g 4
		w miarę stały poziom ruchu przez całą dobę		DC _{w-c} 3	

Praktyczny przykład wyznaczania SDR i Q_{50} na przykładzie DK 52, w miejscowości Kęty (odcinek Bielsko Biała – Andrychów).

- wykonanie 6 - godzinnego pomiaru ruchu w godzinach 7:00 – 10:00 i 14:00 – 17:00 w dniu wtorek, miesiącu październik z uwzględnieniem kierunków ruchu oraz ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich (tab. 6.21),

- wyznaczenie stosunku największego godzinowego natężenia ruchu z pomiaru w godzinach popołudniowych do porannych (tab. 6.21) i zakwalifikowanie na jego podstawie odcinka drogi do profilu zmienności dobowej zgodnie z tab. 6.19 (odpowiednio dla kierunku 1 i 2: ogół pojazdów DO_{w-c2} , DO_{w-c4} ze względu na $u_c < 30\%$; pojazdy ciężkie DC_{w-c1} , DC_{w-c1}),
- przyjęcie wskaźników przeliczeniowych natężenia godzinowego na natężenie dobowe według tab. 4.23 (sumy z okresu pomiaru zestawiono w tab. 6.21) oraz wyznaczenie natężenia dobowego zgodnie ze wzorem 6.4.1 (odpowiednio dla kierunku 1 i 2: ogół pojazdów 9090 P/d, 8615 P/d; pojazdy ciężkie 2500 P/d, 1300 P/d),

$$Q_{di} = \frac{\sum Q_{gi}}{\sum W_{gi}} \quad (6.4.1)$$

gdzie: $\sum Q_{gi}$ – suma natężeń z pomiaru ruchu, $\sum W_{gi}$ – suma wskaźników przeliczeniowych

- określenie cech charakterystycznych odcinka drogi: ruch dalekobieżny – nie, ruch międzynarodowy – nie, region Polski – Małopolska, strefa podmiejska, obszar turystyczny – nie, strefa przygraniczna – nie, wschodni obszar Polski – nie. Przyjęcie wskaźników zmienności sezonowej i tygodniowej zgodnie z rys. 6.14, 6.15, opisem w punkcie 1 – pomiar dobowy (SO1, SC1, TO1, TC2 – tab. 6.21). Wyznaczenie wartości SDR zgodnie ze wzorem 2.2.5, jako suma SDR dla kierunku 1 i 2 (ogół pojazdów 16090 P/d; pojazdy ciężkie 1870 P/d),
- wyznaczenie u_c jako stosunek SDR pojazdów ciężkich do SDR ogółu pojazdów w przekroju drogi (13%),
- określenie rozkładu kierunkowego dla ogółu pojazdów na podstawie SDR (51/49%),
- określenie cech charakterystycznych odcinka: profil zmienności $SO4$ - nie, przekrój 1x2 – tak, klasa techniczna A – nie, obszar turystyczny – nie i wyznaczenie Q_{50} zgodnie ze wzorem 6.2.3 (1745 P/h).

Tab. 6.21. Zestawienie wyników pomiaru ruchu na DK 52 dnia 12.10.2012r. oraz wskaźników zmienności dobowej (suma z całego okresu pomiarowego), tygodniowej i sezonowej

	Natężenie ruchu [P/h]					
	ogół pojazdów			pojazdy ciężkie		
	przekrój	kierunek 1	kierunek 2	przekrój	kierunek 1	kierunek 2
pomiar poranny 7 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	1005	555	450	164	88	76
	1061	507	554	191	91	100
	1048	543	505	176	81	95
pomiar popołudniowy 14 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	1322	610	712	158	77	81
	1250	599	651	127	65	62
	1147	557	590	106	40	66
suma Q_{gi}	6833	3371	3462	922	442	480
max 7 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰		555	554		91	100
max 14 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰		610	712		77	81
max 14 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰ / max 7 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰		1,1	1,3		0,8	0,8
zmienność dobową		DO_{w-c2} (6,1808)	DO_{w-c4} (6,6979)		DC_{w-c1} (6,1509)	DC_{w-c1} (6,1509)
zmienność tygodniową		TO1 (1,0325)	TO1 (1,0325)		TC2 (1,2206)	TC2 (1,2206)
zmienność sezonową		SO1 (1,0657)			SC1 (1,0934)	

7. Podsumowanie wyników i kierunki dalszych badań

Przedmiotem pracy było określenie miarodajnych charakterystyk zmienności natężenia ruchu i jego parametrów dla potrzeb eksploatacyjnych wybranych obiektów drogowych a także potrzeb prognozowania ruchu. Potrzeba podjęcia tego tematu wynika z licznych ograniczeń w obecnie zalecanych procedurach szacowania SDR i Q_m między innymi: zbyt ogólnych (reprezentujących całą sieć dróg krajowych) profili zmienności ruchu służących do transponowania natężenia dobowego na SDR , brak charakterystyk zmienności profili natężeń w różnych przekrojach pomiarowych w rozbiciu na kierunki ruchu oraz rodzaj pojazdów, brak typowych profili zmienności dobowej ruchu, nie uwzględnianie celu eksploatacyjno - funkcjonalnego lub projektowego jakiego mają służyć a także brak charakterystyki zbioru największych godzinowych natężeń w roku. Ponadto brak jest analiz zmienności wielkości wskaźników przeliczeniowych w kolejnych latach oraz aktualnych analiz zbioru największych godzinowych natężeń ruchu w roku uzasadniających przyjmowanie jako natężenia miarodajnego 50 (ewentualnie 30, 100 lub 150) wartości z największych godzinowych natężeń w roku. Wszystko to powoduje, potrzebę stworzenia podstaw teoretyczno-empirycznych umożliwiających podniesienie jakości i wiarygodności określania natężeń miarodajnych a w konsekwencji jakości rozwiązań drogowych.

Dla realizacji celu niniejszej rozprawy wykonano zaplanowane analizy danych ruchowych z lat 2000 – 2012 (ponad 35 mln godzinowych natężeń ruchu, zawierających między innymi unikatowe dane pochodzące z własnego ciągłego pomiaru ruchu na drogach wojewódzkich), obliczenia i eksperymenty symulacyjne oraz budowę modeli szacowania SDR i Q_m . Badania te pozwoliły na zidentyfikowanie zmienności natężenia ruchu w różnych horyzontach czasu i jej determinant oraz ich wpływu na charakterystyki natężenia ruchu miarodajne dla celów eksploatacji z wymaganym poziomem sprawności wybranych obiektów drogowych. Ze względu na bardzo obszerny zakres zagadnienia w pracy skupiono się na drogach zamiejskich głównie krajowych oraz w ograniczonym zakresie na drogach wojewódzkich (z uwagi na dostępność danych). Ponadto analizy ograniczono do następujących obiektów drogowych: odcinki drogowe (drogi dwupasowe dwukierunkowe, drogi wielopasowe, autostrady), skrzyżowania z pierwszeństwem przejazdu, ronda oraz otoczenie dróg (poziom rozchodzącego się dźwięku). Analizy eksploatacyjne obejmowały ocenę sprawności elementów infrastruktury drogowej i jakości ich funkcjonowania.

Praca była realizowana etapowo. W pierwszej kolejności, na podstawie analizy skupień oraz przynależności funkcjonalno/geograficznej, podzielono sieć dróg na odcinki jednorodne ruchowo oraz wyznaczono dla nich reprezentatywne profile zmienności natężeń ruchu (między innymi przy wykorzystaniu teorii szeregów czasowych). Następnie na ich podstawie przeprowadzono analizy wrażliwości wybranych obiektów drogowych na zmiany natężenia ruchu w czasie (z wykorzystaniem metod analitycznych, symulacyjnych,

specjalistycznych programów) oraz zbadano możliwości stosowania celowych rezerw przepustowości dla zapewnienia sprawności eksploatacyjnej dróg i skrzyżowań drogowych. Ponadto przy wykorzystaniu analiz regresyjnych oraz sztucznych sieci neuronowych określono modelowe zależności pomiędzy cechami zmienności natężenia ruchu w czasie a SDR i Q_m (przy uwzględnieniu wyróżnionych cech drogi i jej otoczenia) a także opracowano, przy wykorzystaniu teorii szeregów czasowych, model uzupełniania brakujących danych ruchowych. W ostatnim etapie analiz opracowano procedury wyznaczania natężenia miarodajnego do bieżących potrzeb eksploatacji wybranych obiektów drogowych z uwzględnieniem różnych długości okresów pomiaru ruchu.

Należy nadmienić, że ze względu na ograniczoną liczbę stacji pomiaru ciągłego obejmujących głównie drogi o gospodarczym charakterze przenoszonego ruchu (wg obecnej klasyfikacji charakteru ruchu tylko pojedyncze stacje zlokalizowane są na drogach o turystycznym i rekreacyjnym charakterze przenoszonego ruchu) oraz na brak ciągłości danych, nie była możliwa weryfikacja wpływu wszystkich uzyskanych charakterystyk zmienności natężeń ruchu na eksploatację obiektów drogowych. W celu potwierdzenia tych ustaleń konieczne jest zwiększenie gęstości stacji pomiaru ciągłego (także w obrębie skrzyżowań). Wykazano jednak, że użyte narzędzia są przydatne w analizach ruchowych i mogą znaleźć zastosowanie w przyszłych analizach w miarę sukcesywnego zwiększania dostępnych danych w tym do automatycznego generowania profili zmienności ruchu.

Uzyskane szczegółowe cele pracy

Cele naukowe:

- c) Opracowanie modelu służącego do uzupełniania brakujących danych pochodzących z ciągłej rejestracji ruchu postaci $SARIMA(1,1,1)(0,1,1)_{168}$. Opracowany model ze względu na swoją dokładność (średni $MAPE$ równy 9,2%) i pracochłonność procesu zalecany jest wyłącznie do uzupełniania brakujących wymaganych dni pomiarowych dla potrzeb szacowania SDR wg metody $AASHTO$ (wzór 2.2.4).
- d) Wykorzystanie analizy skupień (algorytm aglomeracji oraz algorytm grupowania metodą k -średnich) do podziału sieci dróg na odcinki jednorodnie ruchowo (w zależności od okresu analizy oraz rodzaju pojazdów od 2 do 6 skupień). Podział ten stanowi podstawę do określenia reprezentatywnych profili zmienności natężeń ruchu w ciągu roku (profile zmienności sezonowej, tygodniowej, dobowej) a także udziału największych godzinowych natężeń w roku ujednoczonych względem natężenia 50h. Metoda ta ze względu na swoją skuteczność może być stosowana także w przyszłości przy zmianie warunków ruchu do ponownego podziału sieci dróg.
- e) Zidentyfikowanie zmienności natężenia ruchu i jej determinant (udział pojazdów ciężkich, dzień tygodnia, miesiąc w roku, region Polski, powiązanie przestrzenne, charakter przenoszonego ruchu, oddziaływanie obszarów ruchotwórczych i turystycznych) oraz przy wykorzystaniu analiz regresyjnych i sztucznych sieci neuronowych (współczynniki

regresji / iloraz błędu) określenie ich wpływu na charakterystyki natężenia ruchu miarodajne dla celów eksploatacji wybranych obiektów drogowych. Ponadto przy wykorzystaniu multiplikatywnego modelu Census 1 wyznaczono wzorce zmienności ruchu w różnych horyzontach czasu.

- d) Opracowanie regresyjnych modeli do wyznaczania natężenia miarodajnego do analiz eksploatacyjnych wybranych obiektów drogowych (w odniesieniu do przekroju drogi a także kierunków ruchu). Jako zmienne objaśniające użyto: zmienne ilościowe - wartość *SDR*, u_c oraz zmienne jakościowe - profil zmienności sezonowej *SO4*, przekrój poprzeczny, klasa techniczna, obszar turystyczny (w przypadku modelu kierunkowego także charakter przenoszonego ruchu i region Polski). Ponadto określono procedury doboru miarodajnych charakterystyk ruchu w zależności od celu funkcjonalno – eksploatacyjnego lub projektowego jakimi mają służyć (struktura kierunkowa i rodzajowa) w oparciu o *SDR* lub pomiar ruchu w okresie występowania największych natężeń w roku (zgodnie z opracowanym rankingiem).

Cele praktyczne:

- a) Podział zamiejskiej sieci dróg krajowych z uwagi na kryterium charakterystyki zmienności ruchu oraz określenie dla poszczególnych odcinków jednorodnych relatywnych profili zmienności natężeń ruchu dla okresu roku, tygodnia i doby. W zależności od rodzajów pojazdów (ogół pojazdów/pojazdy ciężkie) wydzielono następującą liczbę grup: zmienność sezonowa 4/2, zmienność tygodniowa 8/6 (w przypadku ogółu pojazdów 3 z 8 dotyczą jedynie miesięcy VII i VIII), zmienność dobową 4/4 (drogi wojewódzkie 3/4).
- b) Opracowanie zasad przyporządkowania charakterystyk zmienności ruchu do analizowanych odcinków dróg. W przypadku zmienności sezonowej i tygodniowej – jakościowe wg ustalonego schematu, na podstawie charakteru przenoszonego ruchu, regionu Polski, powiązania przestrzennego, obszarów turystycznych. W przypadku zmienności dobowej – ilościowe, na podstawie wielkości stosunku największego godzinowego natężenia ruchu z pomiarów porannych do popołudniowych lub - opisowe na podstawie występowania szczytów ruchu.
- c) Określenie zakresu pomiarów wyrzykowych i czasu ich przeprowadzania oraz sposobu transponowania ich wyników na natężenia miarodajne do analiz eksploatacyjnych. Wskazano następujące okresy pomiarowe (pomiar należy przeprowadzać z uwzględnieniem struktury kierunkowej i rodzajowej): w dniach tygodnia od wtorku do czwartku w miesiącach V – X (najlepiej IX – X) w godzinach 7:00-10:00 oraz 14:00-17:00 (13:00-16:00 na drogach wojewódzkich). Określono dwa sposoby transponowania wyników pomiarów na natężenie miarodajne (w zależności od sytuacji): przy wykorzystaniu wskaźników przeliczeniowych (także w odniesieniu do różnych pór dnia – dzień, wieczór i noc) lub przy wykorzystaniu modelu regresji wielorakiej.

- d) Określenie potrzebnych celowych rezerw przepustowości (w zależności od sytuacji zapas v_{po} , u_k , k , d) umożliwiających sprawne funkcjonowanie danego obiektu drogowego przy niepewności ustaleń w zakresie zmienności tygodniowej natężeń ruchu.
- e) Określenie progów natężeń krytycznych dla danego *PSR*, co umożliwia szybką ocenę na podstawie Q_d skutków eksploatacyjnych (ewentualną zmianę *PSR*) wynikającą z niedokładności szacowania Q_m . Ponadto w przypadku odcinków drogowych określono dominującą miarę determinującą warunki ruchu w zakresie danego *PSR*
- f) Wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz w rozdziałach 4, 5 i 6 tworzą racjonalne podstawy do procedur wyznaczania natężenia miarodajnego. Poniżej przedstawiono ważniejsze z nich:
- można przyjmować profile zmienności sezonowej, tygodniowej i dobowej jako miarodajne w innych latach niż były wyznaczone (statystycznie istotne różnice w kolejnych latach w analizie ANOVA występują losowo i odnoszą się jedynie do pojedynczych lat; w analizach regresyjnych zmienna objaśniająca rok: - jest słabo skorelowana ze zmienną objaśnianą *SDR* oraz przy braku jej uwzględnienia uzyskano zmniejszenie dokładności szacowania *SDR* średnio o 0,03%, - jest statystycznie nieistotna w przypadku szacowania Q_m),
 - można przyjąć ten sam profil dobowej zmienności dla dni wtorek – czwartek (brak statystycznie istotnych różnic w analizie ANOVA),
 - można przyjmować dla dróg wojewódzkich wskaźniki zmienności sezonowej i tygodniowej ruchu dla dróg krajowych zgodnie z zasadami opisanymi w rozdziale 4,
 - przeprowadzając pomiary w najkorzystniejszym okresie (wtorek – czwartek, V-X) można zredukować błąd szacunku *SDR* ponad dwukrotnie w stosunku do pomiaru w innych okresach,
 - na podstawie 6 godzinowego pomiaru ruchu (w godzinach 7:00 – 10:00 oraz 14:00 – 17:00) można szacować natężenie dobowe przy wykorzystaniu wskaźników przeliczeniowych z średnim błędem *MAPE* równym 5,7% (dla ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich),
 - odcinki dróg na których obserwuje się stany zatłoczenia charakteryzują się odmiennymi profilami zmienności ruchu niż pozostałe drogi dlatego należy analizować je osobno,
 - przy wykorzystaniu profili zmienności ruchu określonych dla jednorodnych odcinków dróg można w prosty sposób i z dostateczną dokładnością szacować *SDR* (średni *MAPE* dla ogółu pojazdów równy 3,8%),
 - najbardziej użyteczną metodą szacowania *SDR* jest metoda wskaźnikowa *WA*,
 - w zależności od kształtu profili zmienności ruchu ten sam obiekt drogowy może funkcjonować na danym poziomie przy różnych wartościach *SDR* (w skrajnym

przypadku różnica sięga blisko 40%). W przypadku poziomego dźwięku różnica pomiędzy średnimi wartościami minimalnymi i maksymalnymi przekracza 4 dB,

- ze względu na odmienny wykres udziałów największych 200 natężeń w roku w *SDR* na drogach o turystycznym charakterze przenieszonego ruchu (wg obecnej klasyfikacji) w stosunku do pozostałych dróg należy, należy wyróżnić je w modelach szacowania Q_m ,
- ze względu na niewielkie różnice pomiędzy u_{50h} i u_{30h} oraz na brak oczekiwanego charakterystycznego przebiegu wykresu największych natężeń w roku można uznać za uzasadnione przyjmowanie tradycyjnie jako miarodajnego natężenia szczytowej pięćdziesiątej godziny w roku (trzydziestej dla dróg i skrzyżowań zlokalizowanych na terenie zabudowy małych miejscowości lub w zewnętrznej strefie dużych miast),
- dzień tygodnia w którym najczęściej występują największe natężenia w roku ma znaczenie na rozkład kierunkowy i udział pojazdów ciężkich w szczytowej 30 i 50 godzinie w roku,
- w przypadku wyznaczania poziomu hałasu na podstawie obecnie dostępnych danych (*SDR* i u_c – proporcjonalny rozkład natężeń i udziału pojazdów ciężkich na poszczególne okresy w zależności od klasy technicznej dróg według [81] lub u_c w *SDR* stały we wszystkich okresach) a nie przy wykorzystaniu dobowych profili zmienności ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich popełnia się błąd sięgający do 10 dB (przy uwzględnieniu profili zmienności dobowej dla dni wtorek - czwartek popełnia się błąd około o 80% mniejszy),
- wyznaczając L^p_{Aeq} na podstawie pomiaru ruchu w okresie występowania największych średnich natężeń w danym okresie (dominująca noc - poniedziałek w miesiącach VII, VIII, dominujący dzień - czwartek w miesiącach VI, X) można zredukować przekroczenie norm hałasu średnio do 1 dB,
- można budować modele regresyjne szacowania Q_m na podstawie *SDR* w oparciu o dane historyczne (brak statystycznej istotności dla zmiennej rok),
- w przypadku dróg dwupasowych dwukierunkowych Q_m należy szacować na bazie *SDR* wyznaczonego dla przekroju drogi (suma *SDR* na kierunku 1 i 2) natomiast w przypadku dróg wielopasowych i autostrad na bazie *SDR* wyłącznie dla kierunku dominującego (analizy sprawności odcinków drogowych),
- w analizach poziomu dźwięku i sprawności skrzyżowań drogowych Q_m można szacować zarówno w odniesieniu do przekroju drogi jak i kierunku dominującego,
- ze względu na dużą zmienność udziału pojazdów ciężkich w kolejnych dniach w roku poprawne jest obecnie stosowane wyznaczanie jego wartości poprzez stosunek *SDR* pojazdów ciężkich do *SDR* ogółu pojazdów (parametr regresyjnego modelu szacowania Q_m),
- najbardziej użyteczną metodą szacowania Q_m jest model regresji wielorakiej.

Spełnienie tez pracy:

1. Szczegółowe analizy wpływu rozkładu kierunkowego oraz rodzaju pojazdów na zmienność dobową, tygodniową i sezonową natężeń ruchu wykazały konieczność uwzględnienia w analizach rozkładu kierunkowego w przypadku zmienności dobowej i tygodniowej (w przypadku zmienności sezonowej nie wykazano takiej potrzeby) oraz prowadzenia analiz w odniesieniu do ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich (potwierdzają to także uzyskane, zdecydowanie różne profile zmienności ruchu pojazdów lekkich i ciężkich). Ponadto przeprowadzone analizy wyznaczania wskaźników sezonowej, tygodniowej i dobowej zmienności natężeń ruchu, wykazały że modele szeregów czasowych (multiplikatywny model Census 1) mogą być stosowane w analizach danych ruchowych, w tym do wyznaczania typowych zmienności natężeń ruchu. Wykazano też, że przy łącznym wykorzystaniu metod ilościowych (analiza skupień) oraz jakościowych (przynależność funkcjonalno/geograficzna) można podzielić sieć dróg krajowych na odcinki jednorodnie ruchowo. Podział ten uwzględnia zarówno cechy zmienności natężeń ruchu (zmienność sezonowa, tygodniowa, dobową, rozkład kierunkowy, rodzaj pojazdów) jak i wyróżnione cechy dróg i ich otoczenia (region Polski, powiązanie przestrzenne, charakter przenoszonego ruchu, oddziaływanie obszarów ruchotwórczych). Wysoka dokładność przedstawionych modeli szacowania *SDR* na bazie natężeń dobowych (regresja wieloraka, sztuczne sieci neuronowe, metoda wskaźnikowa) wykorzystująca jako zmienne objaśniające owe zidentyfikowane charakterystyczne cechy dróg i ich otoczenia potwierdza natomiast modelowe zależności między nimi a wartością *SDR*.
2. Przeprowadzone badania wykazały, że okres analizy wpływa na dokładność szacowania *SDR* i tym samym na wiarygodne oszacowanie Q_m , oraz że wpływ ten jest różny w zależności od rodzaju pojazdów. Na podstawie rankingu współczynników zmienności natężeń dobowych (w miesiącach w roku i dniach w tygodniu) oraz godzin w dobie jak również największej uzyskanej dokładności modeli szacowania *SDR* opartych na różnych okresach pomiarów (w przypadku pomiarów krótszych od doby na podstawie związku pomiędzy natężeniem n - godzinowym a natężeniem dobowym) wyznaczono najkorzystniejszy okres wykonywania pomiarów ruchu. Ponadto wykazano, że dużą dokładność szacowania *SDR* uzyskuje się prowadząc analizy w poszczególnych kierunkach ruchu, co jednocześnie daje możliwość lepszego wyznaczania Q_m (w niektórych przypadkach) niż w przypadku analiz prowadzonych w przekroju drogi.
3. Przeprowadzone analizy symulacyjne wrażliwości wybranych elementów sieci drogowej oraz jej otoczenia na zmiany natężenia ruchu pozwoliły na określenie najistotniejszych czynników determinujących warunki ruchu i przepustowość oraz na oszacowanie zakresu ich dominacji (w odniesieniu do wartości natężeń ruchu oraz poziomu *PSR*). Analizy te wykazały, że w zależności od badanego obiektu drogowego, rodzaju terenu oraz poziomu

natężenia ruchu zmieniają się zarówno czynniki dominujące jak i wielkość ich wpływu na warunki ruchu. Niestety ze względu na dostępne dane ruchowe, udało się tylko w ograniczonym zakresie wykorzystać w badaniach uzyskane wyniki. Przeprowadzone analizy wykazały, że ze względu na odbiegające charakterystyki zmienności największych natężeń w roku od średnich w roku (struktura kierunkowa i rodzajowa) oraz różny ich wpływ na sprawność obiektów drogowych, należy określać je indywidualnie w zależności od przypadku (odcinki drogowe, skrzyżowania drogowe, poziom dźwięku). Opracowane procedury określania natężeń miarodajnych i ich charakterystyk (w oparciu o *SDR* lub pomiar ruchu w okresie występowania największych natężeń w roku) do bieżących potrzeb eksploatacyjnych pozwalają z dużą dokładnością odzwierciedlić rzeczywiste warunki.

Powyższe ustalenia potwierdzają sformułowane w pracy tezy.

Kierunki dalszych badań

Przedstawione w pracy badania nie wyczerpują problematyki zmienności natężeń ruchu i ich wpływu na eksploatację wybranych obiektów drogowych. Dalsze badania powinny objąć:

- analizy statystyk pozycyjnych na odcinkach dróg zlokalizowanych w terenie górzystym, na drogach wojewódzkich oraz drogach charakteryzujących się stanem zatłoczenia,
- wpływ struktury kierunkowej na poszczególnych wlotach skrzyżowań z pierwszeństwem przejazdu na Q_m miarodajne dla skrzyżowania,
- ocenę sprawności zamiejskich skrzyżowań z sygnalizacją świetlną przy różnych charakterystykach zmienności natężeń ruchu,
- szacowanie Q_m na bazie pomiarów godzinowych z uwzględnieniem odcinków o letniej i zimowej dominacji ruchu (ruch turystyczny i rekreacyjny).

Dalsze prace powinny zmierzać do wskazania:

- wymaganej jakości danych ze stacji pomiarów ciągłych,
- potrzebnej gęstości stacji pomiarów ciągłych i ich lokalizacji,
- procedur rejestracji danych ze stacji pomiarów ciągłych umożliwiających wyznaczenie wskaźnika nierównomierności ruchu w godzinie k_{15} ,
- sposobu rejestracji, przetwarzania i archiwizacji danych o natężeniach ruchu z systemów sterowania ruchem na skrzyżowaniach.

LITERATURA

- [1] AASHTO Guidelines for Traffic Data Programs, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1992.
- [2] Aktualizacja „Wytucznych pomiaru i szacowania średniego dobowego ruchu (SDR) na sieci dróg wojewódzkich” oraz opracowanie i edycja otrzymanych wyników. Etap III. Transprojekt – Warszawa Sp. z o.o., Warszawa 2005.
- [3] Arnold M., Kluth T., Ziegler H., Thomas B.: Bemessungs - verkehrsstärken auf einbahnigen Landstasen. BAST Verkehrstechnik Heft V221, Bergisch Gladbach, 03.2013.
- [4] Bartkowski B.: Sztuczne Sieci Neuronowe – Informacje podstawowe. Strona internetowa <http://www.neuron.kylos.pl/pliki/start.html>.
- [5] Bebyn G.: Przegląd stosowanych metod oceny zagrożenia w ruchu drogowym. Transport Miejski i Regionalny, 4/2006, s. 8 ÷ 14.
- [6] Bellamy P.H.: Seasonal Variations in Traffic Flows, Supplementary Report 437, prepared for the Department of the Environment and the Department of Transport, Prepared by Traffic Engineering Department, Transport and Road Research Laboratory, Berkshire, Great Britain, 1978.
- [7] Box G.E.P., Jenkins G.M.: Analiza szeregów czasowych, prognozowanie i sterowanie. PWN, Warszawa 1983.
- [8] Bryszewski M.: Modelowanie ruchu jako podstawowa metoda prognozowania ruchu drogowego. Magazyn Autostrady, 5/2003, s. 22 ÷ 24.
- [9] Bryszewski M.: Prognozy ruchu drogowego. Magazyn Autostrady 10/2008, s. 135 ÷ 139.
- [10] Bureau of Transportation Statistics Technical Report. U.S. Department of Transportation Research and Innovative Technology Administration, TR - 005, 08.2008.
- [11] Capparuccini D. M., Faghri A., Suarez R. E.: The Fluctuation and Seasonality of Hourly Traffic, and the Accuracy of DHV Estimates. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2049, Washington 2008, s. 63 ÷ 70.
- [12] Chodur J.: Badania wpływu wahań ruchu na efektywność sterowania sygnalizacją świetlną o stałym programie. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 1982.
- [13] Chodur J.: Funkcjonowanie skrzyżowań drogowych w warunkach zmienności ruchu. Politechnika Krakowska, seria Inżynieria Lądowa, Monografia 347, Kraków 2007.
- [14] Chodur J., Gaca S.: Pomiar ruchu dla ustalania natężeń średnich i miarodajnych oraz oceny jego przebiegu. Kraków 1981.
- [15] Chodur J., Gaca S.: Możliwość redukcji czasu trwania generalnych pomiarów natężeń ruchu. Drogownictwo Nr 8 i 9/1982, s. 261 ÷ 266.
- [16] Chodur J., Gondek S.: Metodologia analizy przepustowości odcinków drogowych według metody HCM-2000. Drogownictwo 11/2002, s. 319 ÷ 325.

- [17] Chodur J., Tracz M.: Traffic conditions at signalized junction approaches at non-stationary flow demands. Archives of Transport, Polish Academy of Sciences, Vol. 2, No 3,4, Warszawa 1989, s. 125 ÷ 137.
- [18] Datla S., Sharma S.: Consideration of Weather Conditions to Estimate Missing Traffic Data. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2049, Washington DC 2008, s. 71 ÷ 80.
- [19] Dąbrowski P., Świder M.: Ocena sposobu wyznaczania Średnio Dobowego Ruchu w roku na drogach krajowych na podstawie Generalnego Pomiaru Ruchu. Praca magisterska, Politechnika Krakowska, Kraków 2010.
- [20] Dobrucki K., Godziszewski J.: Ocena wypadkowości w ruchu drogowym. Magazyn Autostrady 5/2006, s. 54 ÷ 57.
- [21] Ekonometria. Pod redakcją Marka Gruszczyńskiego i Marii Podgórskiej. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, wydanie VII.
- [22] Elvik R., Høy A., Vaa T., Sørensen M.: The handbook of road safety measures. Second Edition, Emerald 2009.
- [23] Eom J. K., Park M. S., Heo T. Y., Huntsinger L. F.: Improving the Prediction of Annual Average Daily Traffic for Non-Freeway Facilities by Applying Spatial Statistical Method. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1968, Washington DC 2006, s. 20 ÷ 29.
- [24] Faghri A., Hua J.: Roadway Seasonal Classification Using Neural Network. Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 9, No.3, 1995, s. 209 ÷ 215.
- [25] Federal Highway Administration (FHWA). Traffic Monitoring Guide, 2001.
- [26] Gaca S.: Zagrożenia bezpieczeństwa ruchu i możliwości ich eliminacji na przejściach drogowych przez miejscowości. Drogownictwo 12/2005, s. 372 ÷ 378.
- [27] Gaca S.: Badania zagrożeń wypadkami drogowymi w nocy. XV Międzynarodowa Konferencja Naukowa Komputerowe Systemy Wspomagania Nauki, Przemysłu i Transportu „Transcomp 2011”, Zakopane 05 - 08.12.2011.
- [28] Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka. WKŁ 2008.
- [29] Ghanim M. S.: Florida Statewide Design - Hour Volume Prediction Model. TRB 90th Annual Meeting DVD, Washington DC 2011.
- [30] Ghosh B., Basu B., O'Mahony M.: A Bayesian Time-Series model for Short-Term Traffic Flow Forecasting. Journal of Transportation Engineering, Volume 133, Issue 3, 03.2007, s. 180 ÷ 189.
- [31] Gołąb S.: Analiza porównawcza metod HCM – 85 i HCM – 2000 obliczania przepustowości i oceny warunków ruchu na odcinkach dróg wielopasowych i autostrad. Praca inżynierska, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.
- [32] Górniak A., Węgrzyniak K.: Analiza i charakterystyka dobowej zmienności natężeń ruchu na podstawie Generalnego Pomiaru Ruchu (GPR) w roku 2000 i 2005. Praca magisterska, Politechnika Krakowska, Kraków 2010.
- [33] Granato S.: The impact of factoring Traffic Counts for Daily and Monthly Variation in Reducing Sample Counting Error. 1998 Transportation Conference Proceeding, Iowa State University, 08.1998, s. 122 ÷ 125.

- [34] Greń J.: Statystyka matematyczna modele i zadania. PWN, Warszawa 1974.
- [35] Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, Washington DC, 2000.
- [36] Highway Capacity Manual-HCM-2010. Transportation Research Board, National Research 2010.
- [37] Jin L., Xu Ch., Fricker J. D.: Comparison of Annual Average Daily Traffic Estimates: Traditional Factor, Statistical, Artificial Neural Network, and Fuzzy Basis Neural Network Approach. TRB 87th Annual Meeting DVD, Washington DC 2008.
- [38] Jiang Z., McCord M. R., Goel P. K.: Empirical Validation of Improved AADT Estimates from using Image-based Information on Coverage Count Segments. TRB Annual Meeting CD – ROM, Washington DC 2007.
- [39] Jiang Z., McCord M. R., Goel P. K.: Improved AADT Estimation by Combining Information In Image- and Ground-Based Traffic Data. Journal of Transportation Engineering, 07.2006, s. 523 ÷ 530.
- [40] Józwiak J., Podgórski J.: Statystyka od podstaw. PWE, Warszawa 1998.
- [41] Judycki J., Jaskuła P.: Przyczyny i kierunki weryfikacji „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych”. Drogownictwo 6/2011, s. 183 ÷ 188.
- [42] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. GDDP, Warszawa 1997.
- [43] Kot S. M., Jakubowski J., Sokołowski A.: Statystyka. Podręcznik dla studiów ekonomicznych Difin, Warszawa 2007.
- [44] Kuryłowicz W., Więch P.: Prognoza ruchu na zamiejskiej sieci dróg krajowych na lata 2000 – 2020. Drogownictwo 5/2002, s. 131 ÷ 140.
- [45] Lemke K.: Estimation of the Peak – hour Demand In the German Highway Capacity Manual. 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service Stockholm, Sweden 28.06. – 01.07.2011.
- [46] Lewis M., Albright D.: Evaluating the 2000 Highway Capacity Manual adjustment factor for AWDT to AADT by applying a consistent traffic data methodology. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1993, Washington DC 2007, s. 117 ÷ 123.
- [47] Li M. T., Zhao F., Wu Y.: Application of Regression Analysis for Estimating Seasonal Factors in Southeast Florida. Transport Research Record 1870, Washington DC 2004, s. 153÷ 161.
- [48] Lichota A.: Prognozowanie krótkoterminowe na lokalnym rynku energii elektrycznej. Rozprawa doktorska, Akademia Górniczo – Hutnicza, Kraków 2006.
- [49] Liggett L., Burris M., Turner S.: Analysis of Seasonal and Day-Of-Week traffic Patterns at National Parks. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2119, Washington DC 2009, s. 74 ÷ 82.
- [50] Lingras P.: Classifying Highways: Hierarchical Grouping versus Kohonen Neural Networks. Journal of Transportation Engineering, 07/08.1995, s. 364 ÷ 368.
- [51] Lingras P.: Statistical and Genetic Algorithms Classification of Highways. Journal of Transportation Engineering, Vol. 127, No.3, 2001, s.237 ÷ 243.

- [52] Lingras P., Sharma S., Zhong M.: Prediction of Recreational Travel using Genetically Designed Regression and Time Delay Neural Network Models. Transport Research Record 1805, Washington DC 2002, s. 16 ÷ 24.
- [53] Liu Z., Sharma S.: Prediction of Directional Design Hourly Volume Based on Statutory Holiday Traffic. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1968, Washington DC 2006, s. 30 ÷ 39.
- [54] Loureiro C., Oliveira M.: Vinicius T., Castro-Neto M., Han L. D.: Analyzing Spatio-Temporal Traffic Flow Patterns on a Large Congested Urban Network in Brazil. TRB 88th Annual Meeting DVD, Washington DC 2009.
- [55] Lua P., Tadeusiewicz R.: Sieci neuronowe, materiały kursowe, StatSoft Polska, Kraków 2007.
- [56] Luttinen R. T., Virpi O.: Quality Assessment of AADT Estimates. TRB 88th Annual Meeting CD – ROM, Washington DC 2007.
- [57] McCord M., Goel P., Jiang Z.: Coifman B., Yang Y., Marry C.: Improving AADT and VDT Estimation with High-Resolution satellite Imagery. Pecora 15/Land Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS 2002 Conference Proceedings.
- [58] Metoda obliczania przepustowości rond. Instrukcja obliczania. GDDKiA praca zbiorowa, Warszawa 2004.
- [59] Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej. Instrukcja obliczania. GDDKiA praca zbiorowa, Warszawa 2004.
- [60] Metoda przeprowadzania generalnego pomiaru ruchu w 2005 roku na drogach krajowych. Transprojekt-Warszawa Sp. z o.o., Warszawa 2004.
- [61] Mider P., Świąder A.: Analiza cech natężenia ruchu na skrzyżowaniach zamiejskich. Praca inżynierska, Politechnika Krakowska, Kraków 2012.
- [62] Moduł pomiaru ruchu DLP-10. Instrukcja eksploatacji wersja 1.0. TELWAY Sp. z o.o., Kraków sierpień 2010.
- [63] Moran C.: Congestion Indicators and Congestion Impacts: A Study on the Relevance of Area-wide Indicators. 6th International Symposium on Highway Capacity and Utility of Service Stockholm, Sweden 28.06 – 01.07, 2011, s. 781 ÷ 791.
- [64] Nowaczyk G.: Ile osi? Metody wyznaczania liczby osi obliczeniowych w określeniu kategorii ruchu. Magazyn Autostrady 3/2006, s. 50 ÷ 57.
- [65] Olma A.: Określenie współczynników przeliczeniowych do szacowania natężeń ruchu drogowego w obszarach miejskich. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2005.
- [66] Opoczyński K.: Wyniki pomiarów ruchu w 2010 roku na drogach krajowych. Drogownictwo 7-8/2011, s. 219 ÷ 225.
- [67] Osowski S.: Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.
- [68] Osowski S.: Sieci neuronowe do przetwarzania informacji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- [69] Pinkofsky L.: Typisierung von Ganglinien der Verkehrsstärke Und ihre Eignung zur Modellierung der Verkehrsnachfrage. Dissertation, Technische Universität Braunschweig, Aachen 2006.

- [70] Qiao F., Yu L., Li L.: Estimating the Impact of Nonrecurring Congestions on Vehicle Emissions. 86th TRB Annual Meeting CD-ROM. Washington DC, 01.2007.
- [71] Radoń M., Zaucha T.: Porównanie metod oceny warunków ruchu na odcinkach dróg dwupasowych dwukierunkowych i wielopasowych wg metody *HCM 2000* i *HCM 2010*. Praca inżynierska, Politechnika Krakowska, Kraków 2011.
- [72] Radosz S.: Analiza wybranych parametrów ruchu i drogi w aspekcie ochrony akustycznej środowiska, Politechnika Krakowska, Praca doktorska Kraków 1984.
- [73] Radosz S., Tracz M.: Lokalizacja zabudowy względem dróg w aspekcie ochrony przed hałasem. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr. 283, 2012r. Budownictwo i Inżynieria Środowiska 259 (3/12/IV).
- [74] Ritche S.G.: A Statistical Approach to Statewide Traffic Counting. Transportation Research Record 1090, Washington, DC, 1986, s. 14 ÷ 21.
- [75] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. Dziennik Ustaw Nr 120, poz. 826.
- [76] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 listopada 2010 r. w sprawie sposobu ustalania wartości wskaźnika hałasu L_{DWN} . Dziennik Ustaw Nr 215, poz. 1414.
- [77] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku Dziennik Ustaw Nr 0, poz. 1109.
- [78] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dziennik Ustaw Nr 43, Warszawa 1999.
- [79] Ruch Drogowy 2000. Transprojekt – Warszawa Sp. z o.o.
- [80] Ruch Drogowy 2005. Transprojekt - Warszawa Sp. z o.o.
- [81] Ruch Drogowy 2010. Transprojekt - Warszawa Sp. z o.o.
- [82] Ryś D., Judycki J., Jaskuła P.: Aktualizacja współczynników równoważności pojazdów ciężarowych i autobusów. Drogownictwo, 7-8/2011, s. 245 ÷ 249.
- [83] Sabry M., Abd-El-Latif H., Yousef S., Badra N.: Determination of AADT from Short Period Traffic Volume Survey. Journal of Applied Sciences Research, 3(7): 607 - 612, 2007, s. 607 ÷ 612.
- [84] Sabry M., Abd-El-Latif H., Yousef S., Badra N.: Use of Box and Jenkins Time Series Technique in Traffic Volume Forecasting. Research Journal of Social Sciences, 2007, s. 83 ÷ 90.
- [85] Selby B., Kockelman K.: Spatial Prediction of AADT in Unmeasured Locations by Universal Kriging. TRB 90th Annual Meeting DVD, Washington DC, 2011.
- [86] Sharma S.C.: Improved Classification of Canadian Primary Highways According to Type of Road Use. Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 10, No.3, 1983, s. 497 ÷ 509.
- [87] Sharma S. C., Allipuram R. R.: Duration and Frequency of Seasonal Traffic Counts. Journal of Transportation Engineering, 05/06.1993, s. 344 ÷ 359.

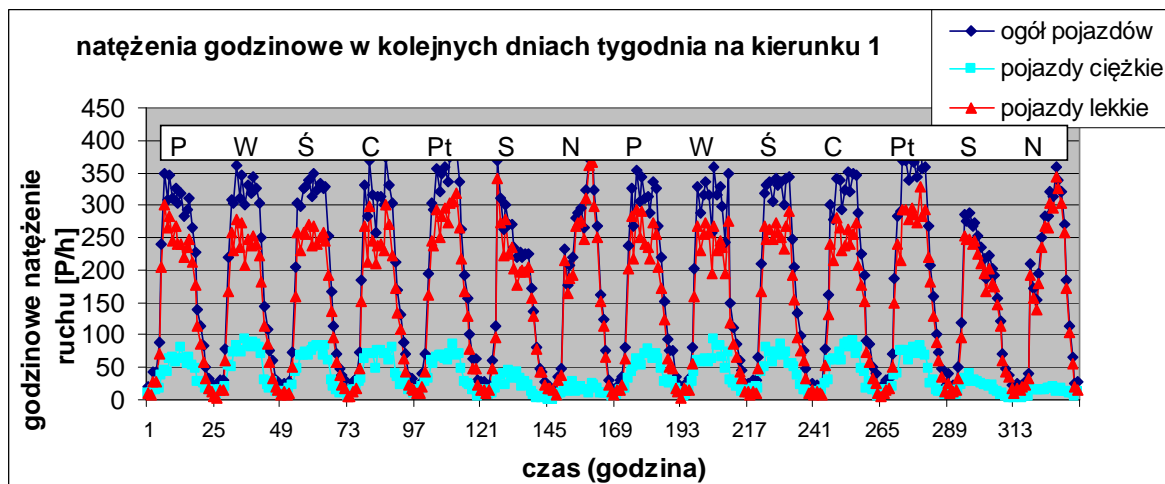
- [88] Sharma S. C., Lingras P. J., Hassan M. U., Murthy N. A.: Road Classification According to Driver Population. Transportation Research Record 1090, Washington, DC, 1986, s. 61 ÷ 69.
- [89] Sharma S., Lingras P., Zhong M.: Effect of Missing Values Estimations on Traffic Parameters. Transportation Planning and Technology, Vol.27, No.2 04.2004, s. 119 ÷ 144.
- [90] Sharma S., Liu Z.: Nonparametric Method to Examine Changes in Traffic Volume Patterns During Holiday Periods. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2049, Washington DC 2008, s. 45 ÷ 53.
- [91] Sharma S. C., Wu Y., Rizak S. N.: Determination of DDHV from Directional Traffic Flows. Journal of Transportation Engineering, 07/08.1995, s. 369 ÷ 375.
- [92] Shashank Gadda Ch., Kockelman K. M., Magoon A.: Quantifying the Uncertainty in Annual Average Daily Traffic (AADT) Count Estiamtes. 11th World Conference on Transport Research, France 2008.
- [93] Sobota A.: Analiza wahań ruchu w tunelu w Katowicach. Autostrady 5/2008, s. 38 ÷ 43.
- [94] Sobota A., Molecki A.: Dni pomiarowe. Jak dobrze dobrać okres pomiarów dla analiz natężenia ruchu dróg III klasy technicznej w warunkach miejskich. Autostrady 6/2008, s. 17 ÷ 22.
- [95] Sokołowski A.: Prognozowanie i analiza szeregów czasowych. Kraków, 25 –26.06.2009 materiały kursowe.
- [96] Spławińska M.: Pomiar, wyznaczanie i prognozowanie Średniego Dobowego Ruchu w roku (*SDR*) na drogach krajowych. Drogownictwo, 03/2009 s. 87 ÷ 93.
- [97] Spławińska M.: Ocena szacowania Średniego Dobowego Ruchu w roku (*SDR*) przy wykorzystaniu wskaźników przeliczeniowych. Drogownictwo, 7-8/2010, s. 267 ÷ 272.
- [98] Stadia i skład dokumentacji projektowej dla dróg i mostów w fazie przygotowania zadań. Załącznik do zarządzenia Nr 30 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 8 listopada 2005r., Warszawa listopad 2005.
- [99] Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny, tom I, II, III. Kraków 2007.
- [100] Szpała A.: Analiza porównawcza metod HCM-85 i HCM-2000 obliczania przepustowości i oceny warunków ruchu na odcinkach dróg dwupasowych dwukierunkowych. Praca magisterska, Politechnika Krakowska, Kraków 2003.
- [101] Szpinek S.: Pomiar ruchu na drogach powiatowych. Drogownictwo, 5/2002 s. 140 ÷ 149
- [102] Szydło A., Wardęga R.: Wpływ ruchu na trwałość nawierzchni drogowych. Materiały z konferencji XLVII Techniczne Dni Drogowe, Szczyrk 13-15.10.2004.
- [103] Tadeusiewicz R.: Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993.
- [104] Tracz M. praca zbiorowa: Pomiar i badania ruchu drogowego, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1984.

- [105] Tracz M. z zespołem: Mapy akustyczne dla dróg krajowych o natężeniu ruchu $SDR > 16\ 400$ pojazdów na dobę, 2007 – praca badawczo - wdrożeniowa na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Warszawie.
- [106] Tracz M., Chodur J.: Quality of traffic performance assessment for priority type intersections with non-stationary traffic flow demands. Proc. of the 18th International Symposium on Transportation and Traffic Theory (ISTTT18) – Golden Jubilee. William H.K. Lam, S.C. Wong, Hong K. Lo (ed.), Hong Kong, 2009, Companion Volume, s. 281 ÷ 294.
- [107] Tsapakis I., Schneider W., Bolbol A., Skarlatidou A.: Discriminant Analysis for Assigning Short-Term Counts to Seasonal Adjustment Factor Groupings. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2256, Washington DC 2011, s. 112 ÷ 119.
- [108] Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstrassen 2007. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 178.
- [109] Wang X., Kockelman K. M.: Forecasting Network Data: Spatial Interpolation of Traffic Counts Using Texas Data. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2105, Washington DC 2008, s. 100 ÷ 108.
- [110] Wardęga R.: Analiza nacisków osi pojazdów ciężarowych na nawierzchnie drogowe. Drogownictwo, 11/2010, s. 400 ÷ 408.
- [111] Woźniak K.: Wpływ dostępności do dróg na efektywność ochrony akustycznej otoczenia. Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2011.
- [112] Wright T., Hu P. S., Young J., Lu A.: Variability in Traffic Monitoring Data, Final Summary Report. Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, 08.1997.
- [113] Wu H., Zhang Z.: Framework for Estimating AADT Using Co-clustering Based Collaborative Filtering. TRB 88th Annual Meeting DVD, Washington DC 2009.
- [114] Wytyczne organizacji i przeprowadzania generalnego pomiaru ruchu w 2000 roku na drogach krajowych. Transprojekt-Warszawa Sp. z o.o., Warszawa 1999.
- [115] Wytyczne organizacji i przeprowadzania generalnego pomiaru ruchu w 2010 roku na drogach krajowych. GDDKiA, Warszawa 2009.
- [116] Wytyczne pomiaru i szacowania średniego dobowego ruchu na zamiejskiej sieci dróg powiatowych. GDDP BSSD, Warszawa 1999.
- [117] Wytyczne pomiaru ruchu na drogach wojewódzkich w 2005 roku. Transprojekt-Warszawa Sp. z o.o., Warszawa 2004.
- [118] Wytyczne pomiaru ruchu na drogach wojewódzkich w 2010 roku. Transprojekt-Warszawa Sp. z o.o., Warszawa 2009.
- [119] Wytyczne projektowania dróg III, IV i V klasy technicznej – WPD 2. GDDP Warszawa 1995.
- [120] Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część I – skrzyżowania zwykłe i skanalizowane. GDDP, Warszawa 2001.
- [121] Zbieranie, archiwizacja i analizy danych ze stacji ciągłych pomiarów ruchu. Etap III. Archiwizacja wyników pomiarów ze stacji GR i PAT oraz analiza wyników pomiarów

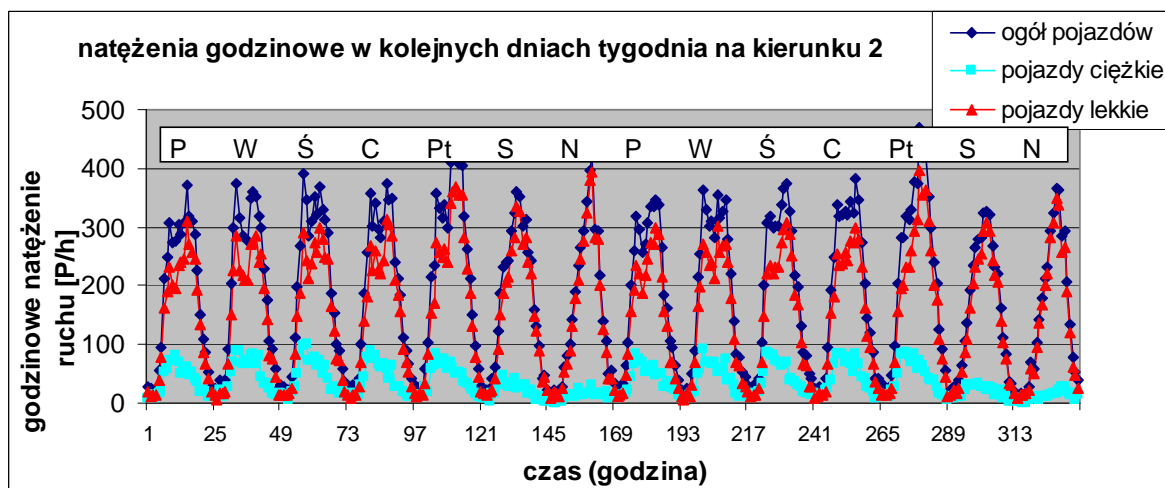
- ze stacji F-P, RPP-2 i RPP-5 za okres od 01.11 do 31.12.2004. Transprojekt – Warszawa Sp. z o.o., Warszawa 2005.
- [122] Zbieranie, archiwizacja i analizy danych ze stacji ciągłych pomiarów ruchu w roku 2008. Etap III. Analiza roczna i edycja wyników pomiarów prowadzonych w stacjach GR i PAT w roku 2009. Transprojekt – Warszawa Sp. z o.o., Warszawa 2010.
- [123] Zeliaś A., Pawelek B., Wanat S.: Prognozowanie ekonomiczne teoria, przykłady, zadania. PWN, Warszawa 2003.
- [124] Zhang Y., Xie Y.: Forecasting of Short – Term Freeway Volume with v-Support Vector Machines. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2024, Washington DC 2007, s. 92 ÷ 99.
- [125] Zhang Y., Yuncai L.: Comparison of Parametric and Nonparametric Techniques for Non-peak Traffic Forecasting. World Academy of Science, Engineering and Technology 51, 2009, s. 236 ÷ 242.
- [126] Zhong M., Lingras P., Sharma S.: Estimation of missing traffic counts using factor, genetic, neural, and regression techniques. Transport Research Part C: Emerging Technologies Volume 12, Issue 2, 04.2004, s. 139 ÷ 166.
- [127] Zhong M., Sharma S., Lingras P.: Genetically Designed Models for Accurate Imputations of Missing Traffic Counts. Transport Research Record 1879, Washington DC 2004, s. 71 ÷ 79.
- [128] Zhong M., Sharma S., Lingras P.: Short-Term Traffic Prediction on Different Types of Roads with Genetically Designed Regression and Time Delay Neural Network Models. Journal of Computing in Civil Engineering, 01.2005, s. 94 ÷ 103.
- [129] Zhong M., Sharma S.h, Lingras P.: Refining Genetically designed Models for Improved Traffic Prediction on Rural Roads. Transportation Planning and Technology, Vol.28, No.3, 06.2005, s. 213 ÷ 236.
- [130] Zhong M., Sharma S., Lingras P.: Matching Patterns for Updating Missing Values of Traffic Counts. Transportation Planning and Technology, 04.2006 Vol. 29, No.2, s. 141 ÷ 156.
- [131] Zhong M., Sharma S., Lingras P.: Genetically-Designed Time Delay Neural Networks for Multiple-interval Urban Freeway Traffic Flow Forecasting. Neural Information Processing – Letters and Reviews, Vol.10, Nos. 8-9, 08.-09.2006, s. 201 ÷ 209.
- [132] Żukowska J.: Zastosowanie szeregów czasowych do analiz bezpieczeństwa ruchu drogowego. Transport Miejski i Regionalny, 07-08 2006, s. 79 ÷ 82.
- [133] <http://www.gddkia.gov.pl/1231/generalny-pomiar-ruchu>.
- [134] <http://www.traxelektronik.pl/www/index.php>.

ZAŁĄCZNIK 1

Rysunki do rozdziału 3



Rys. Z3.1. Zmienność tygodniowa ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich i lekkich na kierunku 1



Rys. Z3.2. Zmienność tygodniowa ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich i lekkich na kierunku 2

ZAŁĄCZNIK 2

Tablice do rozdziału 4

Tab. Z4.1. Współczynnik zmienności ε [%] w poszczególnych miesiącach w roku - rok 2010

kierunek	ogół pojazdów											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1+2	13,8-23,5	6,4-14,9	4,5-15,7	9,0-27,1	5,0-16,9	6,5-20,1	5,0-14,4	4,8-15,2	3,4-11,9	4,1-14,8	8,2-24,1	10,7-26,3
1	13,7-25,3	7,7-17,4	7,3-16,3	14,2-28,8	7,0-20,7	7,5-18,8	5,8-22,7	5,6-16,9	4,7-16,9	5,9-17,2	12,0-25,1	16,2-30,1
2	14,3-34,4	6,4-26,6	6,4-24,9	17,6-34,3	9,0-27,1	10,0-25,3	5,0-19,8	5,3-18,4	5,7-20,1	4,9-26,1	11,4-24,7	14,1-36,8
pojazdy lekkie												
1+2	11,5-26,4	6,9-15,1	5,7-15,9	10,0-22,0	5,6-14,0	8,0-18,1	4,5-26,6	4,6-26,4	5,3-12,9	5,2-14,5	8,2-16,9	9,4-27,8
1	12,4-42,2	5,7-17,1	4,8-16,2	14,2-27,8	5,0-19,8	8,3-22,8	4,4-28,2	5,7-25,4	5,2-18,5	5,1-19,2	8,4-23,9	13,5-24,2
2	12,9-23,3	7,2-16,5	7,2-21,0	13,6-31,1	5,2-22,3	8,6-27,3	4,8-37,8	5,4-36,6	4,7-17,0	5,4-22,4	10,6-26,7	12,3-43,1
pojazdy ciężkie												
1+2	24,1-52,4	6,7-43,3	6,1-43,3	27,1-60,1	14,1-51,9	13,4-59,4	16,0-43,9	17,4-42,3	5,8-39,7	7,5-41,4	13,7-50,8	28,9-50,5
1	25,1-72,1	12,0-44,0	10,2-43,4	30,9-70,6	16,5-52,4	12,0-58,8	14,7-43,5	15,0-42,8	7,9-39,9	8,2-42,0	15,6-51,6	30,2-51,1
2	19,6-52,3	8,5-43,6	9,4-43,7	29,3-59,5	17,1-51,5	17,9-60,2	18,4-44,6	20,5-42,4	11,6-39,7	13,3-41,4	18,6-50,0	28,1-49,9

Tab. Z4.2. Współczynnik zmienności ε [%] w poszczególnych godzinach w dobie - środa - rok 2010

kierunek		ogół pojazdów - środa																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1+2	min	7,6	10,3	10,1	6,6	8,8	7,2	6,1	6,2	5,1	4,4	3,8	3,8	3,5	3,4	3,7	4,4	3,9	4,3	5,5	7,6	8,9	9,1	11,1	12,4
	max	40,8	35,6	32,0	55,8	75,6	48,2	38,3	18,8	15,0	10,2	9,6	13,8	9,7	11,2	10,5	11,7	10,9	14,7	15,2	15,0	20,1	26,2	42,3	43,5
1	min	7,6	10,3	10,1	6,6	8,8	7,2	6,1	6,2	5,1	4,4	3,8	3,8	3,5	3,4	3,7	4,4	3,9	4,3	5,5	7,6	8,9	9,1	11,1	12,4
	max	40,8	35,6	32,0	55,8	75,6	48,2	38,3	18,8	15,0	10,2	9,6	13,8	9,7	11,2	10,5	11,7	10,9	14,7	15,2	15,0	20,1	26,2	42,3	43,5
2	min	12,0	12,0	13,2	9,2	13,7	9,3	7,0	7,9	6,7	5,1	4,1	4,0	4,1	4,4	4,8	4,7	4,8	6,4	6,9	9,3	10,0	12,7	12,7	15,8
	max	57,5	44,9	41,0	69,0	67,8	55,9	38,9	22,0	15,2	12,1	13,1	15,8	14,0	17,9	13,9	16,1	12,9	15,6	16,6	19,6	22,1	28,1	41,9	45,5
pojazdy lekkie - środa																									
1+2	min	15,2	14,7	16,9	13,4	11,8	9,3	6,8	7,3	5,5	5,4	4,7	4,0	3,9	4,2	4,0	4,4	4,5	5,1	6,9	9,5	10,5	10,5	13,8	18,5
	max	45,0	34,4	40,3	78,4	123,1	77,2	42,1	22,8	18,0	13,7	12,0	14,3	10,8	13,2	10,8	11,8	11,6	14,8	15,3	21,2	22,4	29,4	45,6	53,6
1	min	13,9	17,2	21,0	19,2	10,8	10,8	9,3	7,3	6,8	6,3	5,8	5,9	5,6	4,7	5,3	4,4	5,5	6,0	7,1	9,4	11,8	9,6	16,6	23,8
	max	46,8	51,7	59,1	66,2	139,2	74,9	41,7	29,1	18,5	17,8	13,8	14,7	12,4	12,6	18,6	17,6	21,4	17,4	18,6	24,4	24,7	32,7	47,7	62,2
2	min	17,7	20,2	21,6	17,7	17,7	11,1	8,1	8,3	8,1	5,5	4,6	4,7	5,2	5,0	5,1	5,1	5,4	6,2	7,8	11,0	11,6	14,1	16,1	22,6
	max	73,2	40,4	43,4	89,2	95,6	84,0	45,1	31,8	19,9	16,8	17,3	16,1	14,7	19,5	15,4	17,6	15,9	15,7	21,2	30,9	27,9	32,6	45,4	60,8
pojazdy ciężkie - środa																									
1+2	min	6,8	9,0	8,7	6,0	8,9	8,5	7,9	6,6	4,8	4,9	5,6	5,4	4,4	5,0	6,5	5,9	6,7	6,4	6,8	8,1	9,9	10,1	9,4	9,4
	max	46,3	57,4	41,4	30,2	34,4	32,7	25,7	17,7	15,8	13,3	14,0	15,3	15,5	14,4	16,7	17,4	21,7	17,0	19,7	22,8	23,3	25,0	26,7	36,3
1	min	11,0	10,6	12,3	8,6	10,4	11,5	7,2	8,9	6,5	6,9	7,1	6,9	5,5	7,3	6,7	7,1	7,2	5,6	8,9	9,3	11,5	13,0	9,5	9,5
	max	58,9	73,3	48,5	38,2	44,3	33,6	26,0	23,2	22,7	16,9	19,3	22,0	43,8	32,1	20,8	20,0	24,8	22,1	28,0	28,6	27,6	30,5	39,1	44,9
2	min	11,6	11,1	11,9	9,7	12,7	12,7	10,1	8,9	6,9	6,8	8,0	8,0	7,2	7,6	6,9	8,1	8,5	8,6	9,9	11,3	11,7	13,0	13,0	13,6
	max	58,6	52,4	56,2	46,4	37,4	57,3	46,2	20,6	17,4	17,2	15,7	20,9	20,2	20,1	20,4	22,5	27,5	20,3	23,8	37,2	32,4	32,5	32,5	45,8

Tab. Z4.3. Ranking ε dla poszczególnych miesięcy w roku - rok 2010

kierunek	ogół pojazdów											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1+2	10	8	6	11	7	5	3	2	1	4	9	12
1	10	6	5	12	8	7	4	2	1	3	9	11
2	10	6	5	11	8	7	3	2	1	4	9	12
pojazdy lekkie												
1+2	12	5	2	10	4	8	7	6	1	3	9	11
1	11	4	3	12	5	8	7	6	1	2	9	10
2	10	5	2	11	7	8	6	4	1	3	9	12
pojazdy ciężkie												
1+2	10	3	2	12	8	7	4	6	1	5	9	11
1	10	3	2	12	8	7	4	6	1	5	9	11
2	11	4	2	12	8	7	3	6	1	5	9	10

Tab. Z4.4. Ranking ε dla poszczególnych godzin w dobie - środa - rok 2010

kierunek	ogół pojazdów - środa																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1+2	21	19	17	18	22	23	16	12	10	6	3	4	1	2	5	8	7	9	11	13	14	15	20	24
1	21	18	19	17	24	22	16	12	10	6	4	1	3	2	5	7	8	9	11	13	14	15	20	23
2	23	19	18	17	21	22	14	12	10	7	6	8	1	2	4	3	5	9	11	13	15	16	20	24
pojazdy lekkie - środa																								
1+2	21	18	19	20	23	22	16	12	10	9	6	7	1	2	3	5	4	8	11	13	14	15	17	24
1	19	18	20	21	24	23	16	12	10	8	6	5	1	2	3	4	7	9	11	13	14	15	17	22
2	21	18	19	20	24	22	15	12	10	9	8	7	1	3	2	4	5	6	11	13	14	16	17	23
pojazdy ciężkie - środa																								
1+2	22	19	20	16	23	21	14	11	7	5	3	4	1	2	8	6	9	10	12	13	15	17	18	24
1	21	24	20	16	18	15	13	11	8	1	6	4	5	2	3	7	9	10	12	14	17	23	19	22
2	23	18	22	21	19	20	13	11	8	6	2	4	1	3	7	5	9	10	12	14	15	16	17	24

Tab. Z4.5. Ranking SDR_m dla poszczególnych miesięcy w roku - rok 2010

kierunek	ogół pojazdów											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1+2	1	3	4	6	7	10	12	11	9	8	5	2
1	1	3	4	6	7	10	11	12	9	8	5	2
2	1	3	4	6	7	10	11	12	9	8	5	2
pojazdy lekkie												
1+2	1	3	4	6	8	10	12	11	9	7	5	2
1	1	3	4	6	8	10	12	11	9	7	5	2
2	1	3	4	6	8	10	11	12	9	7	5	2
pojazdy ciężkie												
1+2	1	2	5	4	6	8	9	10	11	12	7	3
1	1	2	5	4	6	8	10	9	11	12	7	3
2	1	2	5	4	6	8	9	10	11	12	7	3

Tab. Z4.6. Ranking Q_d dla środy - rok 2010

kierunek	ogół pojazdów - środa																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1+2	4	2	1	3	5	8	12	13	15	19	18	16	17	21	22	24	23	20	14	11	10	9	7	6
1	3	1	2	4	6	9	12	14	16	19	18	15	17	21	22	24	23	20	13	11	10	8	7	5
2	4	2	1	3	5	8	11	13	14	16	19	17	18	21	22	24	23	20	15	12	10	9	7	6
pojazdy lekkie - środa																								
1+2	4	2	1	3	5	8	11	13	16	19	18	14	17	20	22	24	23	21	15	12	10	9	7	6
1	4	2	1	3	5	9	11	13	18	19	17	15	16	21	22	24	23	20	14	12	10	8	7	6
2	4	3	1	2	5	8	11	13	14	19	18	17	16	20	22	24	23	21	15	12	10	9	7	6
pojazdy ciężkie - środa																								
1+2	2	1	3	5	7	10	13	14	16	18	20	22	21	24	23	19	17	15	12	11	9	8	6	4
1	2	1	3	5	8	11	13	15	17	19	22	21	23	24	20	18	16	14	12	10	9	7	6	4
2	3	1	2	4	7	10	13	14	16	18	20	22	21	24	23	19	17	15	12	11	9	8	6	4

Tab. Z4.7. Wskaźniki wzrostu ruchu [%] na kierunku 1- stacje Golden River

st. nr	ogół pojazdów - kierunek 1										pojazdy lekkie - kierunek 1										pojazdy ciężkie - kierunek 1												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1			2,6	11,3			4,6	2,6	1,0	3,8				3,1	5,7			6,4	0,5	6,0	0,6				1,5	24,5			1,3	6,5	-7,5	10,2	
2			12,1	21,3			3,2	9,0	-4,6	1,9				3,2	6,1			9,7	5,5	9,2	-1,9					36,3	52,9			-4,0	13,4	-20,9	8,0
3										2,5										5,1												-2,6	
4		8,4	4,6	5,9	3,8	5,1	8,7			-10,0			8,4	4,2	4,5	3,5	4,9	7,8								8,4	5,9	10,4	4,7	5,6	11,2		-17,4
5			8,3			5,2								7,7			-6,7										10,6		53,7				
6																																	
9								8,0	2,9	2,0								8,1	4,6	5,6										7,9	-3,2	-12,2	
10	-0,5	7,2	3,0	9,4	5,3	3,8	4,3	5,8	5,0	-16,4	0,4	7,2	3,9	7,0	4,8	2,7	3,8	5,5	6,5	-11,9	-4,2	7,1	-0,9	20,3	7,4	8,1	5,9	7,1	-0,3	-33,2			
11		2,6	2,7	3,3						3,9			1,5	2,2	1,9						1,8				7,0	5,0	8,9					10,7	
12		6,3	2,6	3,5			6,3	2,1					4,4	2,3	3,3				6,2	15,3						12,6	3,4	4,1		6,6			
13							-7,7	5,7	-1,2									-8,5	5,1	0,8										-1,7	10,4	-14,4	
14		8,2			2,1	3,1	5,7	2,8	4,5	2,9		5,2			2,9	3,2	6,3	5,4	5,6	1,6				17,8			-0,1	2,6	3,9	-5,0	0,7	7,3	
15							4,9	2,7	0,8								5,7	4,1	-0,6											2,1	-2,9	6,6	
16				3,0	3,7			3,6	3,1	11,8				4,6	3,2					3,2	5,4	9,2					-3,0	5,7			5,2	-5,9	23,3
17				5,7	-1,3	1,6	8,0			3,6				4,1	-2,4	2,1	8,4									14,0	3,9	-0,4	6,4			9,6	
18				1,5	5,8	6,2								1,2	4,9	6,5										3,7	11,3	4,5					
19				7,4	11,1	8,2	4,3							7,2	9,7	8,0	4,8										8,1	18,6	9,2	1,7			
20		7,2		6,0	0,5	7,9	3,0	7,3			10,6			-10,4	4,5	24,5	4,6	7,6									68,8	-7,6	-30,3	-3,7	6,2		
21				9,6	14,2	6,6	-5,9	5,3						5,5	11,2	2,4	0,6	2,9									14,8	17,7	11,2	-12,5	8,2		
22			3,1	3,6	2,9	4,0								-29,8	-61,7	-3,7	-0,9									91,0	67,7	4,4	5,0				
23		3,8				3,6	3,7	-1,2	0,8		4,8						5,4	2,9	-0,5	-0,6									-10,1	10,7	-7,3	12,7	
26																																	
27				33,3	27,0			-1,5	4,3					8,2	16,9			6,9	0,6								84,3	39,1			-10,6	9,1	
28						5,4										10,3																	
29	0,3				5,0						0,2				4,4										1,5								
30	4,9	6,4	4,1	1,8	5,2	1,6	10,0	-0,2	-7,9		4,8	6,1	3,8	1,5	4,3	-0,3	12,3	0,2	-6,4					5,2	7,5	5,8	2,9	9,0	10,0	0,9	-2,4	-14,8	
31				2,7	1,5	4,6	3,8	2,4	1,2	-2,0				2,5	0,3	4,1	3,4	2,6	1,9	-3,8						3,7	8,8	7,0	5,7	1,5	-2,5	8,1	
33					7,0	7,5			2,1							6,5	7,5											9,9	7,8			5,7	
34																																	
36					71,9	29,2	20,2	13,2	1,3						55,7	15,8	19,3	14,8	7,2								123,5	59,0	21,6	10,6	-8,4		
37								6,7	-1,9																						17,7	5,2	
38																																	
40						21,6	4,1	-3,7	6,1								7,8	3,2	6,5	0,7									48,2	5,3	-17,6	15,6	
41									2,8																								16,1

Tab. Z4.8. Wskaźniki wzrostu ruchu [%] na kierunku 2- stacje Golden River

st nr	ogół pojazdów - kierunek 2										pojazdy lekkie - kierunek 2										pojazdy ciężkie - kierunek 2														
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
1			5,9	12,0			7,1	3,1	-1,6	4,0				2,5	5,2			6,4	0,5	5,4	0,8					14,8	28,5			8,4	7,5	-12,4	10,0		
2			3,0	20,6			-0,1	11,8	-4,9	5,0				2,3	5,7			9,0	5,8	8,3	-1,2					4,4	51,1			-9,2	19,0	-19,0	13,9		
3								2,5												5,7												-3,9			
4		9,0	4,3	5,6	3,7	4,9	7,9			-4,3				8,7	3,8	4,5	3,4	4,5	7,2														-5,4		
5			9,7			6,4								9,6																					
6																																			
9								7,3	2,8	1,5										7,3	4,3	0,6									7,4	-2,6	4,8		
10	0,7	6,8	4,0	8,6	4,9	4,2	6,2	5,0	4,5	-16,1		0,9	6,6	3,7	7,6	4,6	2,6	5,7	4,5	6,0	-11,8														
11		2,5	2,9	3,9						3,9			1,4	2,3	2,8					2,3															
12		5,8	1,2	2,4				6,5	2,7				4,9	0,6	2,0				5,6	2,3															
13																				-8,0	3,7	3,2													
14		7,1			4,2	3,8	6,0	4,1	0,5	6,2			5,4			3,7	3,1	5,9	4,2	3,3	4,0														
15								4,3	1,8	1,0										5,3	3,8	-0,7													
16				2,5	4,0			2,1	3,0	14,1					4,4	3,7				2,1	5,1	11,6													
17				6,4	-1,2	1,3	8,2			3,0					5,0	-2,3	1,2	8,0				1,9													
18					1,1	5,3	8,7									0,6	4,5	9,2																	
19					7,4	10,9	7,8	4,2								7,0	9,5	7,7	5,0																
20		6,7			4,5	0,8	8,6	3,4	7,6				9,6			-9,0	4,3	22,4	4,9	7,4															
21					9,7	13,8	4,6	-6,3	3,9							4,3	10,1	0,4	-2,2	1,2															
22			2,8	1,5	1,6	2,8																													
23		4,5					3,1	3,6	0,5	0,2				5,5						4,8	3,6	1,0	-1,2												
26																																			
27					34,4	29,2				-4,9	5,5					9,4	20,3																		
28						5,1											28,9																		
29	0,6				6,0								0,4			5,3																			
30	4,9	4,9	3,0	2,0	4,9	0,4	9,5	0,5	-2,2				4,8	4,8	2,5	1,7	3,9	-0,2	9,8	1,3	-1,1														
31				3,6	2,4	3,6	5,9	6,1	2,1	-1,5					3,6	1,4	3,2	5,9	6,7	2,7	-3,0														
33						7,3	7,9			2,8							6,3	7,5					2,1												
34																																			
36					59,1	29,0	23,1	9,7	6,1							41,7	15,0	22,4	10,0	13,8															
37								6,7	-1,2												4,3	-2,5													
38																																			
40						17,1	0,6	-2,0	5,7										7,4	2,8	4,1	1,0													
41								5,5																											

Tab. Z4.9. Średni MAPE udziałów natężeń dobowych poszczególnych miesięcy w SDR - stacje Golden River

rok	MAPE [%]																									
	ogół pojazdów													pojazdy lekkie												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	śred.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	śred.
2010	2,06	0,57	0,66	0,72	0,43	0,51	0,94	1,24	0,49	1,00	0,81	1,90	0,94	2,09	0,84	1,04	0,92	0,73	0,84	1,27	1,62	0,72	1,25	1,07	2,06	1,20
2009	1,98	0,63	0,58	0,81	0,97	0,65	0,95	1,47	0,72	1,16	0,98	2,68	1,13	1,81	0,57	0,54	0,81	1,18	0,67	1,12	1,61	0,85	1,13	0,96	2,97	1,18
2008	2,33	0,44	0,48	1,03	0,75	0,74	0,94	1,03	0,65	0,67	1,23	2,00	1,02	2,74	0,69	0,80	1,27	1,02	1,12	1,33	1,29	1,04	1,06	1,75	2,28	1,37
2007	1,84	0,46	0,42	1,30	1,29	0,58	0,85	0,88	0,43	0,79	0,94	2,03	0,98	2,06	0,49	0,44	1,64	1,44	0,64	0,97	1,03	0,44	0,91	1,14	2,24	1,12
2006	1,85	0,39	0,45	1,06	0,91	0,68	0,93	1,36	0,58	0,61	1,68	1,82	1,03	2,00	0,48	0,35	1,14	1,24	0,71	1,20	1,28	0,64	0,67	1,43	1,85	1,08
2005	1,54	0,34	0,38	0,91	0,60	0,41	1,22	1,56	0,47	0,87	0,85	1,50	0,89	2,02	0,74	0,86	1,48	1,05	0,75	1,69	2,16	0,98	1,38	1,26	2,21	1,38
2004	1,90	0,71	0,59	0,98	0,78	0,50	1,15	1,05	0,35	0,78	1,55	1,72	1,00	1,97	0,64	0,58	1,03	0,79	0,52	1,23	0,97	0,44	1,00	1,61	1,97	1,06
2003	1,88	0,54	0,36	0,71	0,61	0,84	1,23	1,42	0,39	0,75	0,91	1,90	0,96	2,14	1,10	0,55	0,97	0,85	0,85	1,35	1,41	0,56	1,07	1,21	1,91	1,16
2002	0,91	0,87	1,60	0,79	0,80	0,90	0,90	0,99	0,56	0,74	1,29	1,64	1,00	1,19	0,36	1,27	1,15	0,78	0,75	0,94	1,27	0,50	0,70	1,26	1,21	0,95
2001	0,92	0,41	0,33	0,85	1,33	0,75	0,95	1,03	0,46	0,94	0,76	1,46	0,85	1,01	0,56	0,31	1,10	1,47	0,87	1,06	1,22	0,53	0,96	0,94	1,51	0,96
2000	0,72	0,68	0,42	0,97	1,22	0,61	0,44	0,83	0,33	0,69	0,66	0,82	0,70	0,77	0,70	0,40	1,32	1,47	0,58	0,50	0,95	0,40	0,57	0,87	0,98	0,79
śred.	1,63	0,55	0,57	0,92	0,88	0,65	0,95	1,17	0,49	0,82	1,06	1,77	0,96	1,80	0,65	0,65	1,16	1,09	0,76	1,15	1,35	0,65	0,97	1,23	1,93	1,12
pojazdy ciężkie																										
2010	2,43	3,18	3,15	0,55	0,81	0,93	0,98	0,85	0,86	0,95	0,88	2,20	1,48													
2009	2,59	1,12	0,98	0,95	0,86	0,90	1,00	1,68	0,81	1,24	1,04	2,26	1,29													
2008	2,15	0,75	0,67	0,99	0,70	0,60	0,50	0,78	0,68	0,70	1,15	2,08	0,98													
2007	1,76	0,75	0,71	0,85	0,90	0,61	0,76	0,77	0,77	0,97	1,02	1,89	0,98													
2006	1,93	0,80	0,89	1,23	0,91	0,97	0,93	1,35	0,63	0,74	2,89	2,19	1,29													
2005	1,89	0,94	1,07	0,89	0,84	0,95	1,41	2,17	1,87	1,85	1,80	2,18	1,49													
2004	2,21	1,29	0,92	0,86	1,00	0,81	0,95	1,03	0,67	0,78	1,31	1,54	1,11													
2003	2,16	0,63	0,39	0,35	0,67	0,55	0,66	0,89	0,51	0,75	0,99	1,72	0,86													
2002	2,06	3,01	2,21	1,00	1,48	1,22	1,00	0,57	0,89	0,92	1,60	2,98	1,58													
2001	1,34	0,70	0,49	0,58	0,77	0,70	0,66	0,58	0,67	0,99	0,57	1,72	0,81													
2000	1,02	1,30	0,83	0,52	0,53	0,67	0,47	0,70	0,48	0,95	0,76	0,64	0,74													
śred.	1,96	1,32	1,12	0,80	0,86	0,81	0,85	1,03	0,80	0,98	1,27	1,94	1,15													

Tab. Z4.10. MAPE udziałów natężeń dobowych poszczególnych miesięcy w SDR na kier. 1 oraz 2 w odniesieniu do przekroju drogi - stacje Golden River rok 2010

st. nr	kierun.	MAPE [%]																								MAPE [%]														
		ogół pojazdów												pojazdy lekkie												pojazdy ciężkie														
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	śred	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	śred	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	śred
1	1	3,22	0,23	0,05	0,42	0,08	0,04	0,29	0,21	0,16	0,48	0,37	2,20	0,65	2,06	0,04	0,23	0,00	0,19	0,46	0,41	0,06	0,03	0,25	0,12	1,27	0,43	5,29	0,52	0,54	1,10	0,47	0,91	0,24	0,64	0,58	0,84	0,88	3,58	1,30
1	2	4,10	0,24	0,05	0,39	0,06	0,01	0,29	0,22	0,17	0,47	0,34	2,11	0,62	2,01	0,06	0,22	0,00	0,18	0,45	0,40	0,06	0,03	0,24	0,14	1,24	0,42	4,92	0,48	0,54	1,03	0,44	0,85	0,19	0,63	0,50	0,79	0,80	3,29	1,20
2	1	3,03	0,67	1,00	0,24	1,13	0,42	1,84	0,82	0,43	0,85	1,96	3,75	1,43	1,56	0,62	0,62	1,07	1,10	0,50	1,66	0,25	0,21	1,19	1,52	0,71	0,92	7,14	0,31	1,14	0,61	0,99	1,30	0,22	0,35	0,19	1,04	1,66	8,34	1,94
2	2	3,74	0,63	0,93	0,25	1,02	0,37	1,71	0,74	0,40	0,76	1,82	3,44	1,32	1,56	0,62	0,62	1,07	1,15	0,55	1,65	0,25	0,26	1,19	1,52	0,70	0,93	5,98	0,26	0,95	0,51	0,89	1,09	0,19	0,23	0,16	0,82	1,39	6,99	1,62
4	1	0,37	0,53	0,52	0,26	0,58	0,26	0,76	1,41	0,21	0,03	0,33	0,83	0,51	0,17	0,83	0,66	0,42	0,67	0,30	1,15	1,86	0,01	0,08	0,36	1,00	0,62	0,92	0,32	0,31	0,36	0,41	0,21	0,41	0,01	0,71	0,21	0,37	0,53	0,40
4	2	0,34	0,54	0,54	0,27	0,58	0,29	0,73	1,37	0,20	0,02	0,32	0,83	0,50	0,14	0,82	0,63	0,42	0,65	0,29	1,14	1,85	0,01	0,08	0,35	0,97	0,61	0,81	0,25	0,30	0,28	0,44	0,14	0,45	0,00	0,61	0,09	0,41	0,63	0,37
5	1	0,37	0,52	0,46	0,94	0,67	0,51	0,18	1,74	0,37	0,69	0,03	0,30	0,56	0,13	0,44	0,35	1,01	0,75	0,76	0,57	1,92	0,44	0,71	0,10	0,52	0,64	1,52	0,98	0,92	0,42	0,22	0,70	1,75	0,98	0,08	0,75	0,17	0,67	0,76
5	2	0,40	0,54	0,49	0,96	0,67	0,53	0,20	1,79	0,38	0,72	0,03	0,31	0,58	0,14	0,43	0,36	1,04	0,75	0,79	0,58	1,97	0,45	0,73	0,10	0,54	0,66	1,65	1,10	1,13	0,61	0,31	0,63	1,72	0,92	0,08	0,69	0,26	0,68	0,81
6	1	0,26	0,37	0,29	0,82	0,11	1,61	2,39	3,74	0,54	1,44	1,19	0,43	1,10	0,19	0,44	0,36	0,83	0,10	1,73	2,61	4,25	0,43	1,59	1,67	0,38	1,22	0,50	0,04	0,13	0,65	1,00	1,06	0,38	1,29	0,96	0,70	0,55	0,36	0,64
6	2	0,24	0,38	0,29	0,82	0,11	1,63	2,42	3,77	0,55	1,45	1,20	0,43	1,11	0,19	0,45	0,39	0,85	0,10	1,75	2,64	4,32	0,44	1,63	1,70	0,39	1,24	0,64	0,02	0,19	0,77	1,05	1,05	0,44	1,16	0,88	0,68	0,48	0,29	0,64
9	1	0,63	0,46	0,21	0,51	0,50	0,10	0,29	0,05	0,11	1,54	1,13	1,56	0,59	1,39	6,61	8,15	0,79	2,57	2,09	2,40	2,17	2,27	3,83	0,77	0,21	2,77	4,48	72,02	72,27	1,10	9,25	9,39	9,59	9,76	10,02	9,11	10,35	10,26	18,97
9	2	0,63	0,44	0,21	0,51	0,49	0,10	0,29	0,06	0,11	1,54	1,12	1,56	0,59	1,45	6,93	8,54	0,85	2,70	2,21	2,51	2,28	2,38	4,00	0,81	0,22	2,91	3,67	58,97	59,19	0,91	7,64	7,71	7,87	8,00	8,26	7,47	8,44	8,41	15,55
10	1	1,57	0,85	2,14	1,24	0,16	0,10	0,47	1,03	0,62	1,36	1,05	0,87	0,96	1,67	0,99	2,04	1,24	0,04	0,37	0,33	0,91	0,49	1,66	1,84	1,10	1,06	1,44	0,43	2,46	1,71	0,24	0,35	0,84	1,22	0,92	0,02	1,36	0,31	0,94
10	2	1,64	0,87	2,15	1,27	0,16	0,17	0,50	1,03	0,63	1,39	1,07	0,89	0,98	1,75	1,05	2,07	1,24	0,08	0,32	0,37	0,94	0,54	1,67	1,92	1,13	1,09	1,44	0,56	2,45	1,70	0,24	0,35	0,83	1,21	0,92	0,20	1,35	0,31	0,96
11	1	3,51	0,94	0,65	0,20	0,32	0,34	1,78	0,36	0,54	1,41	1,20	1,76	1,08	3,94	0,98	0,80	0,26	0,32	0,76	1,41	0,35	0,66	1,95	1,58	2,10	1,26	1,74	0,48	0,43	0,32	0,03	0,62	0,74	0,01	0,09	0,12	0,13	1,00	0,48
11	2	3,44	0,88	0,72	0,26	0,26	0,40	1,22	0,29	0,48	1,47	1,14	1,82	1,03	3,98	1,00	0,80	0,25	0,34	0,75	1,41	0,36	0,67	1,96	1,60	2,10	1,27	1,70	0,47	0,42	0,28	0,03	0,60	0,73	0,01	0,06	0,11	0,16	0,98	0,46
12	1	2,10	0,35	0,77	0,23	0,24	0,16	0,28	0,73	0,28	1,84	1,43	1,47	0,82	1,89	1,10	0,81	0,32	0,06	0,28	1,14	0,45	1,18	2,26	2,24	0,87	0,80	3,00	0,88	0,24	0,05	0,73	0,04	0,26	1,12	0,58	0,46	0,67	2,99	0,92
12	2	2,02	0,34	0,76	0,22	0,23	0,14	0,27	0,70	0,27	1,77	1,37	1,41	0,79	1,87	1,10	0,83	0,32	0,06	0,27	1,14	0,45	1,18	2,25	2,23	0,86	0,80	2,61	0,77	0,21	0,02	0,63	0,03	0,23	0,97	0,51	0,46	0,59	2,54	0,80
13	1	0,80	0,68	0,54	0,80	1,12	0,98	0,54	0,09	0,10	0,59	0,74	0,43	0,69	0,82	0,78	0,49	0,78	1,21	1,11	0,65	0,07	1,01	0,70	0,73	0,53	0,74	0,59	0,02	0,58	0,65	0,44	0,00	0,24	0,03	1,11	0,36	0,75	0,73	0,46
13	2	0,79	0,68	0,54	0,80	1,13	0,99	0,55	0,07	1,03	0,60	0,75	0,43	0,70	0,82	0,80	0,51	0,81	1,21	1,12	0,66	0,07	1,02	0,71	0,73	0,54	0,75	0,69	0,09	0,46	0,53	0,32	0,11	0,35	0,03	1,20	0,24	0,84	0,60	0,45
14	1	1,49	0,47	0,47	0,13	0,17	0,27	0,15	0,45	0,41	0,93	0,70	0,57	0,52	0,85	0,04	0,34	0,16	0,27	0,23	0,04	0,27	0,25	0,93	1,08	0,31	0,40	3,69	1,36	0,76	0,36	0,35	1,04	0,09	0,28	0,93	0,54	0,09	0,28	0,81
14	2	1,36	0,45	0,43	0,10	0,15	0,23	0,15	0,41	0,37	0,87	0,64	0,52	0,47	0,82	0,07	0,33	0,15	0,26	0,20	0,04	0,26	0,24	0,90	1,02	0,27	0,38	2,98	1,00	0,53	0,21	0,21	0,75	0,00	0,36	0,80	0,36	0,00	0,15	0,61
15	1	1,68	0,15	0,44	0,04	0,06	0,08	0,14	0,13	0,23	0,14	0,01	0,97	0,34	1,45	0,01	0,43	0,04	0,07	0,05	0,32	0,11	0,02	0,31	0,12	0,86	0,31	2,55	0,65	0,47	0,17	0,02	0,60	0,54	0,23	0,91	0,18	0,22	1,42	0,66
15	2	1,66	0,16	0,42	0,04	0,07	0,09	0,13	0,12	0,22	0,15	0,02	0,94	0,33	1,42	0,01	0,42	0,04	0,07	0,06	0,31	0,09	0,02	0,29	0,11	0,84	0,31	2,45	0,62	0,45	0,16	0,02	0,54	0,51	0,22	0,87	0,14	0,22	1,37	0,63
16	1	0,08	1,05	0,75	1,28	0,88	0,69	0,15	3,86	0,52	1,97	0,29	1,48	1,08	0,03	1,14	1,05	0,68	0,90	0,15	4,44	0,57	2,34	0,63	1,78	1,31	0,38	0,68	0,59	0,38	0,42	0,52	0,13	0,59	0,64	0,41	0,53	0,72	0,18	0,44
16	2	0,08	1,03	0,74	1,23	0,88	0,67	0,14	3,78	0,50	1,92	0,28	1,44	1,06	0,03	1,10	0,99	1,63	0,95	0,85	0,15	4,30	0,55	2,25	0,61	1,72	1,26	0,08	0,60	0,39	0,33	0,52	0,13	0,59	0,64	0,41	0,46	0,76	0,28	0,43
17	1	1,43	0,10	0,25	0,01	0,25	0,08	0,39	0,47	0,37	0,70	0,76	2,06	0,57	1,50	0,18	0,17	0,06	0,28	0,08	0,52	0,56	0,31	0,92	0,77	2,02	0,61	1,16	0,14	0,58	0,26	0,17	0,00	0,23	0,12	0,72	0,33	0,85	2,12	0,56
17	2	1,47	0,09	0,27	0,01	0,25	0,08	0,41	0,47	0,38	0,74	0,78	2,15	0,59	1,56	0,18	0,17	0,08	0,29	0,08	0,55	0,57	0,33	0,96	0,79	2,10	0,64	1,11	0,19	0,58	0,33	0,10	0,07	0,16	0,12	0,66	0,27	0,79	2,21	0,66
21	1	10,28	1,18	3,59	2,20	1,15	0,45	1,49	3,28	1,55	3,32	1,98	8,61	3,25	13,48	1,53	5,93	3,25	2,44	0,44	2,17	5,16	3,40	3,82	2,76	14,66	4,91	6,89	1,16	1,45	1,04	0,34	0,41	0,17	0,97	0,52	2,93	1,04	2,75	1,64
21	2	10,08	1,17	3,52	2,15	1,13	0,44	1,46	3,22	1,53	3,26	1,95	8,33	3,19	12,92	1,47	5,68	3,11	2,34	0,42	2,08	4,94	3,24	3,66	2,66	13,92	4,70	6,94	1,17	1,46	1,04	0,34	0,42	0,17	0,97	0,52	2,95	1,05	2,76	1,65
22	1	1,49	0,68	0,25	2,19	0,01	2,21	2,00	3,79	1,18	0,87	0,76	2,38	1,48	1,68	1,12	0,47	2,66	0,29	2,82	2,79	4,62	1,55	1,16	0,66	2,97	1,90	0,94	0,38	0,05	0,90	0,61	0,53	0,84	0,19	0,36	0,42	0,79	1,35	0,61
22	2	1,50	0,69	0,26	2,18	0,01	2,22	2,00	3,80	1,19	0,88	0,76	2,40	1,49	1,68	1,12	0,44	2,67	0,29	2,84	2,80	4,62	1,55	1,16	0,70	2,97	1,90	0,96	0,38	0,06	0,92	0,62	0,54	0,86	0,20	0,36	0,43	0,81	1,45	0,63
23	1	0,84																																						

Tab. Z4.11. MAPE udziałów poszczególnych godzin w dobie na kierunku 1 oraz 2 w odniesieniu do przekroju drogi - stacje Golden River rok 2010

MAPE [%]																								
poniedziałek - ogół pojazdów																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	śred.
7,87	9,17	11,83	19,27	23,61	24,27	17,68	10,00	6,56	4,35	2,88	2,54	3,50	4,62	7,43	8,81	8,22	8,81	8,53	8,68	8,83	9,23	9,79	8,08	9,77
poniedziałek - pojazdy lekkie																								
10,47	10,11	13,03	22,68	27,74	28,00	21,72	12,72	8,47	6,03	3,88	2,92	3,47	4,89	8,29	10,02	9,65	10,09	9,75	10,56	11,06	11,28	13,11	11,39	11,72
poniedziałek - pojazdy ciężkie																								
10,59	12,11	14,05	16,95	19,25	19,12	15,01	11,26	8,10	5,38	4,97	4,30	4,19	4,82	5,88	6,64	7,55	7,84	8,17	8,58	9,93	11,21	10,34	7,07	9,72
wtorek - ogół pojazdów																								
7,32	6,16	8,08	11,30	18,28	20,01	16,15	9,07	5,97	4,30	2,98	1,99	2,77	3,08	5,58	6,42	6,28	6,63	6,69	7,83	8,33	8,91	9,74	8,67	8,02
wtorek - pojazdy lekkie																								
10,04	8,65	8,93	16,86	24,40	26,20	21,88	13,41	7,95	6,02	4,37	2,49	3,38	3,98	6,55	7,67	7,56	8,04	8,38	10,01	10,80	11,82	13,53	11,48	10,60
wtorek - pojazdy ciężkie																								
7,97	7,44	11,13	11,29	15,79	15,90	12,11	8,95	6,09	4,78	5,04	4,55	3,95	3,66	4,29	4,49	5,14	5,72	6,47	7,32	9,44	10,74	8,99	7,04	7,85
środa - ogół pojazdów																								
7,32	6,51	8,44	12,01	17,23	20,53	17,16	9,46	5,91	3,71	2,66	1,81	2,56	3,12	5,34	6,40	6,00	6,54	6,45	7,79	8,91	9,61	10,47	9,81	8,16
środa - pojazdy lekkie																								
10,98	9,53	11,33	17,68	23,14	26,97	22,42	13,55	7,96	5,33	4,16	2,43	3,13	3,70	5,95	7,41	7,28	7,70	8,10	10,18	11,99	13,05	15,05	13,56	10,94
środa - pojazdy ciężkie																								
8,13	8,28	10,99	11,63	15,41	16,13	13,13	7,48	5,65	5,01	5,28	4,25	3,64	3,84	4,47	4,83	5,04	5,90	5,91	7,76	9,12	9,74	8,09	7,71	7,81
czwartek - ogół pojazdów																								
8,46	6,56	7,72	11,49	18,10	21,12	16,72	9,22	6,28	3,88	3,37	2,31	3,42	4,28	5,68	6,36	5,40	6,28	6,81	8,42	8,95	9,95	11,81	11,64	8,51
czwartek - pojazdy lekkie																								
11,55	9,32	8,16	15,93	24,60	26,50	20,58	13,04	8,51	5,58	4,70	2,56	3,92	4,27	6,19	7,10	6,56	7,33	8,28	10,78	11,98	13,97	16,23	15,34	10,96
czwartek - pojazdy ciężkie																								
9,05	8,47	11,61	12,05	15,87	16,49	12,80	7,98	5,48	4,78	4,98	4,35	4,00	5,09	4,55	5,19	5,24	5,94	6,24	6,85	8,48	9,14	8,03	7,82	7,94
piątek - ogół pojazdów																								
8,42	7,13	10,72	14,00	19,20	23,06	18,52	11,73	8,18	5,21	4,40	4,20	4,57	4,51	5,63	5,90	5,40	6,40	7,94	11,25	12,94	14,08	14,99	14,53	10,12
piątek - pojazdy lekkie																								
11,88	9,61	14,37	19,49	24,98	27,55	23,54	16,15	10,68	7,24	5,65	4,95	4,98	4,91	5,89	6,49	6,12	7,49	9,45	13,14	15,46	17,57	19,26	16,61	12,64
piątek - pojazdy ciężkie																								
7,36	10,18	12,60	13,33	16,94	17,72	14,38	8,40	6,65	5,54	6,59	5,29	5,08	4,66	4,75	5,82	6,69	6,70	7,80	9,45	10,14	9,67	11,27	13,00	9,17
sobota - ogół pojazdów																								
12,18	9,72	8,48	10,59	13,49	13,93	12,06	10,10	7,11	5,64	4,90	6,25	6,18	6,30	5,58	4,69	3,33	4,34	6,61	7,30	7,81	7,95	6,30	6,47	7,80
sobota - pojazdy lekkie																								
14,51	12,27	9,87	13,22	16,76	18,87	17,70	14,29	9,61	7,16	5,41	6,82	6,94	6,79	6,40	5,42	3,77	4,62	7,01	8,11	8,59	9,02	7,42	7,36	9,50
sobota - pojazdy ciężkie																								
9,93	8,04	9,45	12,33	15,87	16,10	13,69	7,23	4,37	5,22	5,91	6,22	6,20	8,78	7,37	7,08	5,73	6,00	5,83	6,85	7,42	9,57	7,50	8,66	8,39
niedziela - ogół pojazdów																								
15,05	13,73	12,78	12,71	13,16	15,43	15,41	14,81	10,58	9,06	8,92	9,69	9,83	6,80	4,64	4,08	4,59	5,74	6,49	7,67	8,41	8,51	8,30	9,18	9,82
niedziela - pojazdy lekkie																								
14,56	14,51	13,67	12,48	12,97	14,69	15,29	14,96	11,96	10,14	9,56	10,08	10,31	7,11	4,83	3,62	4,41	5,70	6,89	7,30	7,83	8,98	9,80	11,70	10,14
niedziela - pojazdy ciężkie																								
16,96	15,23	17,23	19,40	20,15	21,39	22,16	16,14	9,71	9,22	9,91	10,44	11,44	10,89	9,82	7,75	8,47	9,36	9,94	10,18	10,79	9,42	11,20	11,38	12,86
cały "okres" dni ustawowo wolnych - ogół pojazdów																								
10,27	8,30	7,37	10,13	14,64	17,86	13,45	7,38	4,50	3,98	5,39	6,48	6,33	5,01	4,12	3,30	2,68	3,18	4,00	5,22	5,99	6,49	6,66	7,17	7,08
cały "okres" dni ustawowo wolnych - pojazdy lekkie																								
12,13	11,43	9,81	12,40	17,31	20,92	15,93	9,66	5,48	4,83	5,70	6,78	6,79	5,38	4,29	3,52	2,87	3,07	3,93	5,23	5,99	7,49	7,75	8,78	8,23
cały "okres" dni ustawowo wolnych - pojazdy ciężkie																								
8,95	8,65	9,31	10,91	14,90	15,76	13,91	8,65	6,15	4,58	4,80	5,34	5,82	5,29	5,50	5,45	5,64	5,31	5,44	6,25	8,97	7,33	9,60	11,24	8,07

Tab. Z4.12. Odchylenie standardowe udziałów poszczególnych godzin w dobie w dniach wtorek, środa, czwartek - stacje Golden River rok 2010 (ogół pojazdów)

st. nr	kierun.	ogół pojazdów																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
śred.	1+2	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09	0,12	0,13	0,14	0,12	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,09	0,08	0,12	0,12	0,11	0,09	0,08
	1	0,05	0,04	0,04	0,04	0,07	0,11	0,15	0,15	0,15	0,11	0,11	0,08	0,11	0,13	0,10	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,11	0,10	0,09	0,07
	2	0,07	0,05	0,06	0,05	0,07	0,11	0,15	0,14	0,16	0,16	0,13	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,09	0,09	0,11	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Tab. Z4.13. Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – ogół pojazdów

zmienność dobową				zmienność dobową				zmienność dobową				zmienność dobową							
poniedziałek				piątek				sobota				niedziela							
skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3		skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3		skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3		skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3					
5 k1	0,659	1 k1	0,547	21 k1	0,236	1 k1	0,357	1 k2	0,421	5 k1	0,597	1 k1	0,244	4 k1	0,515	1 k1	0,546	1 k2	0,530
10 k1	0,417	1 k2	0,447	21 k2	0,285	2 k1	0,654	9 k1	0,328	10 k1	0,484	1 k2	0,336	4 k2	0,245	2 k2	0,635	2 k1	0,557
11 k1	0,556	2 k1	0,776	27 k1	0,245	2 k2	0,473	9 k2	0,428	11 k1	0,369	2 k1	0,402	5 k1	0,755	4 k1	0,495	14 k1	0,652
12 k1	0,441	2 k2	0,592	27 k2	0,404	4 k1	0,406	10 k2	0,678	12 k1	0,461	2 k2	0,578	5 k2	0,566	4 k2	0,398	21 k2	0,874
16 k2	0,729	4 k1	0,416	41 k1	0,533	4 k2	0,275	11 k2	0,478	17 k1	0,539	12 k1	0,400	6 k1	0,499	5 k1	0,660	27 k2	0,595
17 k1	0,520	4 k2	0,256	41 k2	0,535	5 k2	0,531	12 k2	0,801	23 k2	0,664	14 k2	0,414	6 k2	0,399	5 k2	0,594	34 k2	0,465
23 k2	0,789	5 k2	0,644	3 k1	0,399	6 k1	0,341	15 k2	0,552	26 k1	0,759	15 k2	0,384	9 k1	0,270	6 k1	0,560	40 k2	0,461
26 k1	0,812	6 k1	0,266	3 k2	0,198	6 k2	0,537	16 k1	0,952	28 k2	0,447	16 k2	0,601	9 k2	0,362	6 k2	0,214	41 k1	0,710
28 k2	0,533	6 k2	0,335	38 k1	0,526	13 k1	0,482	16 k2	0,191	29 k1	0,827	21 k1	0,439	10 k1	0,452	9 k1	0,269	41 k2	0,469
29 k1	0,920	9 k1	0,299	38 k2	0,373	13 k2	0,410	17 k2	0,699	31 k2	0,664	21 k2	0,927	10 k2	0,409	9 k2	0,582	18 k1	1,388
31 k2	0,858	9 k2	0,251			14 k1	0,572	21 k1	0,420	33 k1	0,724	22 k1	0,462	11 k1	0,484	10 k1	0,635	18 k2	1,382
33 k1	0,951	10 k2	0,402			14 k2	0,508	21 k2	0,791	34 k2	0,709	23 k2	0,631	11 k2	0,395	10 k2	0,346	36 k1	0,356
34 k2	0,750	11 k2	0,271			15 k1	0,357	23 k1	1,012	41 k1	0,958	26 k2	0,932	12 k2	0,501	11 k1	0,391	36 k2	0,313
18 k2	1,349	12 k2	0,685			22 k1	0,534	27 k1	0,328	18 k2	1,509	27 k1	0,447	13 k1	0,684	11 k2	0,226	38 k1	0,840
20 k1	0,857	13 k1	0,717			22 k2	0,375	27 k2	0,498	30 k2	0,813	27 k2	0,512	13 k2	0,376	12 k1	0,594		
30 k2	0,859	13 k2	0,612			26 k2	0,768	31 k1	0,835	36 k1	0,617	31 k2	0,602	14 k1	0,439	12 k2	0,574		
		14 k1	0,513			28 k1	0,616	40 k2	0,472	36 k2	0,473	34 k1	0,325	15 k1	0,454	13 k1	0,638		
		14 k2	0,615			29 k2	0,793	41 k2	0,615			34 k2	0,699	16 k1	0,310	13 k2	0,731		
		15 k1	0,569			33 k2	0,643	3 k1	0,611			40 k1	0,404	17 k1	0,412	14 k2	0,330		
		15 k2	0,503			34 k1	0,411	3 k2	0,452			40 k2	0,356	17 k2	0,462	15 k1	0,553		
		16 k1	0,401			37 k1	0,252	19 k1	0,825			41 k1	0,546	22 k2	0,417	15 k2	0,467		
		17 k2	0,791			37 k2	0,210	30 k1	0,458			41 k2	0,446	23 k1	0,271	16 k1	0,339		
		22 k1	0,595			40 k1	0,375	38 k1	0,710			3 k1	0,669	26 k1	0,964	16 k2	1,359		
		22 k2	0,269			18 k1	0,657	38 k2	0,453			3 k2	0,244	28 k1	0,568	17 k1	0,576		
		23 k1	0,904			19 k2	0,477					18 k2	1,589	28 k2	0,342	17 k2	0,697		
		26 k2	0,922			20 k1	0,875					36 k1	0,506	29 k1	0,658	21 k1	1,067		
		28 k1	0,601			20 k2	0,493					36 k2	0,501	29 k2	0,806	22 k1	0,307		
		29 k2	1,055									38 k1	0,660	31 k1	0,281	22 k2	0,552		
		31 k1	0,428									38 k2	0,562	33 k1	0,649	23 k1	0,490		
		33 k2	0,766											33 k2	0,512	23 k2	0,874		
		34 k1	0,411											37 k1	0,398	26 k1	0,727		
		37 k1	0,186											37 k2	0,259	26 k2	0,577		
		37 k2	0,388											18 k1	0,633	27 k1	0,762		
		40 k1	0,501											19 k1	0,833	28 k1	0,405		
		40 k2	0,547											19 k2	0,753	28 k2	0,471		
		18 k1	0,895											20 k1	0,952	29 k1	0,587		
		19 k1	0,901											20 k2	0,772	29 k2	1,216		
		19 k2	0,604											30 k1	0,373	31 k1	0,326		
		20 k2	0,664											30 k2	0,599	31 k2	0,492		
		30 k1	0,678													33 k1	0,999		
		36 k1	0,610													33 k2	1,301		
		36 k2	0,639													34 k1	0,418		
																37 k1	0,348		
																37 k2	0,284		
																40 k1	0,498		
																3 k1	0,705		
																3 k2	0,503		
																19 k1	0,716		
																19 k2	0,745		
																20 k1	0,963		
																20 k2	0,75		
																30 k1	0,421		
																30 k2	0,933		
																38 k2	0,963		

Tab. Z4.14. Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – pojazdy ciężkie

zmienność dobowa				zmienność dobowa				zmienność dobowa				zmienność dobowa										
poniedziałek				piątek				sobota				niedziela										
skupienie 1	skupienie 2	inne		skupienie 1	skupienie 2	inne		skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3		skupienie 1	skupienie 2	skupienie 3								
1 k1	0,432	4 k1	0,513	3 k1	1 k1	0,448	5 k1	0,700	3 k1	4 k1	0,436	1 k1	0,676	5 k1	1,158	5 k1	1,266	4 k1	0,522	1 k1	0,687	
1 k2	0,398	5 k1	0,749	3 k2	1 k2	0,506	5 k2	0,732	3 k2	4 k2	0,674	1 k2	0,626	5 k2	0,563	5 k2	0,778	4 k2	1,017	1 k2	0,587	
2 k1	1,165	5 k2	0,944		2 k1	0,964	13 k1	0,499		6 k1	0,414	2 k1	0,946	6 k2	0,863	13 k2	0,531	6 k1	1,009	2 k1	0,904	
2 k2	0,862	6 k1	0,526		2 k2	0,845	13 k2	0,556		9 k1	0,404	2 k2	0,972	10 k1	1,046	28 k2	0,632	6 k2	1,094	2 k2	0,846	
4 k2	0,671	10 k1	0,732		4 k1	0,519	14 k1	0,502		9 k2	0,484	12 k1	0,378	13 k1	0,742	29 k1	1,383	9 k1	0,615	12 k2	0,495	
6 k2	1,051	10 k2	0,672		4 k2	0,592	15 k1	0,581		10 k2	0,900	12 k2	0,251	13 k2	0,752	29 k2	1,310	9 k2	0,325	14 k2	0,541	
9 k1	0,485	11 k2	0,512		6 k1	0,559	26 k1	0,463		11 k1	0,486	14 k1	0,720	26 k1	1,050	33 k1	0,744	10 k1	1,051	15 k2	0,573	
9 k2	0,309	13 k1	0,786		6 k2	0,991	26 k2	0,551		11 k2	0,263	14 k2	0,471	28 k1	0,507	33 k2	1,173	10 k2	0,648	21 k2	1,633	
11 k1	0,574	13 k2	0,776		9 k1	0,273	28 k1	0,554		15 k1	0,662	21 k1	0,651	28 k2	0,650	40 k1	0,620	11 k1	0,331	27 k2	0,471	
12 k1	0,316	14 k1	0,621		9 k2	0,397	28 k2	0,516		15 k2	0,495	21 k2	0,361	29 k1	1,219	20 k1	0,407	11 k2	0,682	34 k1	0,429	
12 k2	0,651	14 k2	0,522		10 k1	0,679	29 k1	1,187		16 k1	0,481	27 k1	0,446	29 k2	1,301	20 k2	0,759	12 k1	0,373	34 k2	0,769	
15 k1	0,573	17 k2	0,462		10 k2	0,447	29 k2	1,151		16 k2	0,418	27 k2	0,217	33 k1	0,412			13 k1	0,784	41 k1	0,526	
15 k2	0,559	26 k1	0,411		11 k1	0,578	33 k1	0,351		17 k1	0,396	34 k1	0,466	33 k2	0,411			14 k1	0,825	41 k2	0,662	
16 k1	0,559	26 k2	0,403		11 k2	0,444	33 k2	0,396		17 k2	0,529	34 k2	0,471	37 k1	0,628			15 k1	0,694	18 k1	0,544	
16 k2	0,490	28 k1	0,649		12 k1	0,357	37 k1	0,523		22 k1	0,660	40 k1	0,711	37 k2	0,542			16 k1	0,699	18 k2	0,753	
17 k1	0,540	28 k2	0,625		12 k2	0,556	37 k2	0,609		22 k2	0,999	40 k2	0,626	20 k1	0,287			16 k2	0,692	19 k2	0,627	
21 k1	0,353	29 k1	1,380		14 k2	0,555	18 k1	0,996		23 k1	0,475	41 k1	0,730	20 k2	0,513			17 k1	0,914	36 k1	0,430	
21 k2	0,666	29 k1	1,427		15 k2	0,477	18 k2	1,041		23 k2	0,434	41 k2	0,944					17 k2	0,864	36 k2	0,597	
22 k1	0,596	31 k1	0,482		16 k1	0,660	19 k1	0,702		26 k2	1,038	19 k1	0,863					21 k1	1,305	38 k1	0,556	
22 k2	0,680	33 k1	0,319		16 k2	0,431	20 k1	0,420		31 k1	0,643	19 k2	0,781					22 k1	0,582			
23 k1	0,888	33 k2	0,577		17 k1	0,427	20 k2	0,484		31 k2	0,607	36 k1	0,606					22 k2	0,881			
23 k2	0,664	37 k1	0,313		17 k2	0,480				3 k1	1,354	36 k2	0,532					23 k1	0,598			
27 k1	0,834	37 k2	0,373		21 k1	0,762				3 k2	0,877	38 k1	0,318					23 k2	0,435			
27 k2	0,480	18 k1	0,922		21 k2	0,315				18 k1	0,413	38 k2	0,560					26 k1	0,505			
31 k2	0,475	18 k2	0,892		22 k1	0,907				18 k2	0,824							26 k2	0,547			
34 k1	0,810	19 k1	0,728		22 k2	0,601				30 k1	0,780							27 k1	0,601			
34 k2	0,386	19 k2	0,912		23 k1	0,399				30 k2	0,619							28 k1	0,946			
40 k1	0,770	20 k1	0,529		23 k2	0,742												31 k1	0,554			
40 k2	0,835	20 k2	0,629		27 k1	0,710												31 k2	0,521			
41 k1	0,553	30 k2	0,887		27 k2	0,375												37 k1	0,687			
41 k2	1,548				31 k1	0,345												37 k2	0,400			
30 k1	1,084				31 k2	0,680												40 k2	0,924			
36 k1	0,834				34 k1	0,356												3 k1	1,131			
36 k2	0,558				34 k2	0,622												3 k2	1,281			
38 k1	0,516				40 k1	0,627												19 k1	0,660			
38 k2	0,733				40 k2	0,517												30 k1	0,652			
					41 k1	1,078												30 k2	0,514			
					41 k2	0,930												38 k2	0,487			
					19 k2	0,918																
					30 k1	0,563																
					30 k2	0,719																
					36 k1	0,329																
					36 k2	0,395																
					38 k1	0,493																
					38 k2	0,810																

Tab. Z4.15. Statystyki opisowe poszczególnych profili – zmienność dobową DK dla: a) ogół pojazdów, b) pojazdy ciężkie

a)	poniedziałek									piątek									sobota									niedziela					
	sk. 1 (23,5%)			sk. 2 (61,8%)			sk. 3 (14,7%)			sk. 1 (39,7%)			sk. 2 (35,3%)			sk. 3 (25,0%)			sk. 1 (42,6%)			sk. 2 (57,4%)			sk. 1 (79,4%)		sk. 2 (20,6%)						
h	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]			
1	1,169	0,60	51,68	1,153	0,40	34,81	2,552	0,35	13,56	0,924	0,31	33,98	1,714	0,60	35,15	1,013	0,47	46,34	2,179	0,78	35,90	1,397	0,44	31,45	1,322	0,33	25,23	2,248	0,92	41,09			
2	0,913	0,42	45,65	0,943	0,41	43,90	2,319	0,29	12,40	0,815	0,35	43,37	1,468	0,62	41,94	0,921	0,48	52,33	1,914	0,72	37,65	1,052	0,32	30,42	1,100	0,38	34,95	2,049	0,84	41,23			
3	0,884	0,39	44,33	0,921	0,42	45,81	2,212	0,33	14,92	0,824	0,41	49,37	1,387	0,64	46,32	0,944	0,52	54,98	1,812	0,66	36,59	0,926	0,31	33,00	0,983	0,35	35,24	1,945	0,71	36,53			
4	1,223	0,59	48,42	1,085	0,47	43,65	2,381	0,41	17,37	0,920	0,45	48,79	1,477	0,68	46,01	1,197	0,62	52,04	1,912	0,63	32,83	0,956	0,30	31,46	0,970	0,34	35,11	2,011	0,61	30,12			
5	2,601	1,55	59,53	1,585	0,55	34,60	2,835	0,63	22,33	1,276	0,52	40,80	1,716	0,65	37,92	2,057	1,25	60,99	2,317	0,62	26,60	1,257	0,40	31,97	1,077	0,34	31,30	2,180	0,52	24,08			
6	5,365	1,90	35,38	2,794	0,74	26,56	3,459	0,68	19,62	2,305	0,66	28,82	2,295	0,62	26,83	4,229	1,60	37,94	3,081	0,73	23,66	2,172	0,79	36,25	1,446	0,48	33,20	2,686	0,66	24,63			
7	7,070	1,29	18,28	4,374	0,83	18,91	4,213	0,64	15,14	3,745	0,67	17,79	3,190	0,65	20,26	6,057	1,37	22,68	4,036	0,94	23,22	3,332	0,81	24,21	1,996	0,51	25,75	3,187	0,90	28,31			
8	6,891	0,90	13,00	5,313	0,71	13,43	4,798	0,56	11,72	4,710	0,61	12,87	3,879	0,55	14,30	6,268	0,87	13,91	4,863	0,88	18,04	4,456	0,86	19,32	2,671	0,66	24,53	3,707	0,96	25,94			
9	6,486	0,70	10,73	5,631	0,59	10,56	4,851	0,35	7,25	5,203	0,50	9,68	4,343	0,48	11,04	5,838	0,68	11,73	5,291	0,74	13,99	5,354	0,77	14,38	3,231	0,69	21,45	4,127	0,76	18,35			
10	6,257	0,54	8,70	5,868	0,59	9,98	4,901	0,24	4,89	5,595	0,41	7,37	4,665	0,49	10,51	5,670	0,50	8,85	5,521	0,62	11,22	6,153	0,68	11,00	3,988	0,68	17,16	4,611	0,83	18,05			
11	6,057	0,46	7,66	5,923	0,45	7,62	4,847	0,25	5,15	5,775	0,38	6,54	4,839	0,47	9,67	5,605	0,45	8,03	5,636	0,45	8,07	6,685	0,57	8,47	4,827	0,76	15,65	5,224	0,97	18,60			
12	5,848	0,47	8,03	5,949	0,37	6,22	4,880	0,32	6,57	5,903	0,36	6,10	5,013	0,39	7,77	5,581	0,47	8,41	5,680	0,40	7,08	6,902	0,57	8,20	5,565	0,99	17,80	5,641	0,89	15,71			
13	5,668	0,53	9,35	6,055	0,39	6,39	4,936	0,36	7,38	6,190	0,39	6,35	5,209	0,33	6,35	5,711	0,53	9,24	5,747	0,45	7,74	6,916	0,51	7,38	6,064	1,02	16,86	5,960	0,82	13,74			
14	5,716	0,72	12,57	6,320	0,58	9,22	5,110	0,44	8,57	6,627	0,57	8,65	5,560	0,30	5,40	5,994	0,52	8,72	5,855	0,48	8,12	6,932	0,56	8,13	6,474	0,83	12,87	6,252	0,84	13,44			
15	5,616	0,74	13,24	6,683	0,72	10,72	5,240	0,41	7,91	7,074	0,61	8,55	5,965	0,39	6,54	6,075	0,55	9,04	6,033	0,43	7,19	6,848	0,67	9,83	6,869	0,72	10,51	6,457	0,81	12,54			
16	5,634	0,80	14,22	6,898	0,69	9,98	5,442	0,41	7,45	7,256	0,55	7,53	6,298	0,61	9,70	6,228	0,71	11,35	6,000	0,48	8,07	6,617	0,62	9,34	7,279	0,63	8,68	6,599	0,68	10,35			
17	5,533	0,76	13,78	6,737	0,84	12,46	5,535	0,30	5,33	7,052	0,57	8,15	6,550	0,86	13,13	6,184	0,71	11,56	5,861	0,50	8,47	6,227	0,48	7,66	7,672	0,63	8,25	6,586	0,56	8,53			
18	5,059	0,60	11,92	6,200	0,87	14,05	5,370	0,31	5,85	6,619	0,62	9,41	6,530	0,96	14,68	5,711	0,62	10,79	5,559	0,47	8,40	5,794	0,44	7,64	7,747	0,67	8,62	6,331	0,54	8,52			
19	4,353	0,58	13,23	5,371	0,78	14,43	5,157	0,34	6,52	5,786	0,74	12,74	6,319	0,95	15,04	4,977	0,66	13,30	5,040	0,61	12,19	5,247	0,53	10,10	7,464	0,67	9,02	5,752	0,67	11,70			
20	3,577	0,62	17,45	4,422	0,65	14,78	4,773	0,41	8,51	4,853	0,75	15,44	5,918	0,87	14,64	4,144	0,69	16,62	4,408	0,62	14,17	4,541	0,55	12,02	6,675	0,67	10,04	4,843	0,85	17,55			
21	2,894	0,62	21,37	3,497	0,59	16,73	4,274	0,44	10,35	3,807	0,62	16,40	5,206	0,74	14,30	3,347	0,68	20,29	3,696	0,60	16,25	3,676	0,50	13,59	5,443	0,74	13,66	3,884	0,90	23,17			
22	2,301	0,65	28,13	2,730	0,47	17,22	3,780	0,39	10,34	2,953	0,49	16,68	4,364	0,68	15,67	2,692	0,62	23,11	3,048	0,53	17,55	2,869	0,42	14,55	4,093	0,81	19,79	3,076	0,82	26,63			
23	1,709	0,56	32,66	2,105	0,44	21,10	3,293	0,32	9,83	2,227	0,41	18,34	3,510	0,54	15,49	2,080	0,55	26,57	2,505	0,49	19,70	2,155	0,33	15,48	2,963	0,82	27,77	2,549	0,85	33,20			
24	1,177	0,46	38,99	1,445	0,45	31,06	2,844	0,36	12,78	1,561	0,44	28,40	2,584	0,50	19,33	1,477	0,47	32,16	2,009	0,49	24,38	1,536	0,28	18,29	2,080	0,79	37,92	2,097	0,71	33,99			

M. Splawińska - Charakterystyki zmienności natężeń ruchu i ich wpływ na eksploatację wybranych obiektów drogowych

b)	poniedziałek									piątek									sobota									niedziela								
	sk. 1 (53,0%)			sk. 2 (44,0%)			st. nr (3,0%)			sk. 1 (66,1%)			sk. 2 (30,9%)			st. nr (3,0%)			sk. 1 (39,7%)			sk. 2 (35,3%)			sk. 3 (25,0%)			sk. 1 (16,2%)			sk. 2 (55,9%)			sk. 3 (27,9%)		
h	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]	śr. [-]	σ [-]	ε [%]			
1	2,393	0,71	29,72	1,204	0,48	39,59	3,156	0,05	1,72	2,460	0,55	22,43	1,294	0,49	37,71	4,330	0,24	5,54	4,036	1,19	29,53	3,350	0,73	21,68	2,076	0,70	33,94	1,368	0,37	26,98	2,247	0,59	26,15	3,908	1,04	26,71
2	2,316	0,73	31,41	1,239	0,47	37,57	3,239	0,12	3,67	2,360	0,54	22,94	1,295	0,55	42,85	4,037	0,37	9,19	3,704	0,90	24,40	3,103	0,72	23,14	1,899	0,71	37,40	1,106	0,41	37,03	1,949	0,48	24,39	3,779	1,23	32,48
3	2,331	0,74	31,66	1,393	0,55	39,59	3,185	0,62	19,33	2,469	0,58	23,64	1,392	0,62	44,18	3,975	0,93	23,49	3,780	0,90	23,89	3,068	0,70	22,69	1,808	0,52	28,84	1,087	0,45	41,75	1,918	0,55	28,44	3,593	1,12	31,21
4	2,575	0,77	29,95	1,763	0,65	36,91	3,186	0,64	20,14	2,719	0,62	22,86	1,689	0,76	44,72	4,080	0,94	23,06	4,059	0,75	18,50	3,207	0,80	24,94	2,068	0,54	26,12	1,180	0,51	43,49	2,033	0,73	35,70	3,480	0,90	25,78
5	3,178	0,98	30,94	2,479	0,84	33,76	3,375	0,73	21,69	3,293	0,77	23,45	2,341	0,94	40,25	3,983	0,90	22,63	4,526	0,91	20,12	3,645	0,82	22,41	2,741	0,71	26,03	1,586	0,71	44,59	2,172	0,68	31,32	3,512	0,79	22,41
6	3,971	1,14	28,77	3,643	0,94	25,80	3,689	0,68	18,51	4,084	0,98	24,06	3,547	1,01	28,45	4,039	0,79	19,47	5,078	1,15	22,66	4,174	0,81	19,30	4,209	1,17	27,87	2,523	1,13	44,84	2,799	0,94	33,55	3,779	0,70	18,63
7	4,483	0,87	19,39	5,004	1,16	23,11	3,819	0,67	17,58	4,676	0,85	18,25	4,927	1,22	24,70	4,010	0,56	13,94	5,547	0,88	15,90	4,486	0,80	17,85	5,808	1,54	26,57	4,014	2,17	54,00	3,145	1,01	32,23	3,878	0,61	15,62
8	4,511	0,78	17,27	5,542	0,97	17,43	3,630	0,66	18,28	4,706	0,66	14,11	5,817	1,01	17,38	3,821	0,37	9,81	5,558	0,66	11,81	4,592	0,74	16,05	6,574	1,13	17,23	4,115	1,70	41,31	3,084	0,70	22,79	3,957	0,67	17,06
9	4,594	0,63	13,80	5,976	0,89	14,93	3,512	0,36	10,37	4,882	0,63	12,97	6,402	0,73	11,33	3,718	0,28	7,59	5,403	0,62	11,47	4,583	0,70	15,31	7,048	1,21	17,13	4,186	0,54	12,85	3,063	0,46	15,00	4,059	0,46	11,36
10	4,784	0,55	11,57	6,501	0,92	14,19	3,839	0,02	0,49	5,173	0,60	11,69	6,894	0,83	12,00	3,956	0,09	2,17	5,560	0,63	11,39	4,612	0,69	15,01	7,372	1,04	14,17	4,365	0,57	12,97	3,437	0,52	15,18	4,223	0,52	12,22
11	4,991	0,63	12,61	6,604	0,84	12,66	3,939	0,20	5,12	5,393	0,66	12,26	7,006	0,78	11,13	4,158	0,06	1,34	5,373	0,69	12,78	4,712	0,66	13,91	7,047	0,87	12,28	4,702	0,45	9,61	3,695	0,59	15,87	4,487	0,47	10,42
12	5,131	0,64	12,51	6,495	0,67	10,34	4,353	0,35	7,94	5,514	0,56	10,16	6,893	0,58	8,36	4,643	0,21	4,52	5,249	0,57	10,94	4,818	0,58	12,03	6,796	0,70	10,30	4,994	0,77	15,49	4,051	0,63	15,58	4,586	0,47	10,32
13	5,201	0,65	12,54	6,440	0,63	9,80	4,700	0,21	4,44	5,537	0,53	9,60	6,752	0,47	6,95	4,710	0,21	4,49	5,153	0,59	11,42	4,853	0,57	11,71	6,703	0,90	13,46	5,851	1,78	30,44	4,375	0,65	14,75	4,647	0,43	9,35
14	5,259	0,67	12,82	6,445	0,61	9,49	4,872	0,11	2,18	5,599	0,53	9,43	6,671	0,63	9,49	5,028	0,24	4,71	5,155	0,52	10,13	4,992	0,56	11,14	6,566	1,08	16,52	6,471	1,69	26,08	4,955	0,79	16,04	4,673	0,43	9,21
15	5,325	0,73	13,65	6,349	0,69	10,83	4,975	0,13	2,52	5,567	0,52	9,42	6,485	0,59	9,06	5,155	0,37	7,20	4,998	0,47	9,40	5,261	0,55	10,50	6,054	1,05	17,40	6,685	1,23	18,34	5,220	0,76	14,63	4,725	0,59	12,57
16	5,239	0,68	12,92	5,987	0,71	11,92	5,041	0,15	2,93	5,345	0,60	11,29	6,097	0,62	10,19	4,901	0,24	4,97	4,538	0,49	10,69	5,349	0,48	9,03	5,113	0,85	16,69	6,066	0,58	9,48	5,308	0,59	11,03	4,734	0,66	13,84
17	5,154	0,68	13,25	5,541	0,75	13,55	4,876	0,31	6,30	5,161	0,63	12,16	5,511	0,65	11,82	4,819	0,54	11,20	4,105	0,46	11,33	5,105	0,45	8,83	4,460	0,67	15,01	6,389	0,62	9,74	5,485	0,57	10,36	4,590	0,63	13,62
18	4,979	0,65	13,09	4,985	0,79	15,83	4,729	0,26	5,41	4,795	0,59	12,37	4,856	0,71	14,62	4,628	0,62	13,50	3,683	0,42	11,49	4,838	0,45	9,39	3,733	0,50	13,28	6,268	0,62	9,83	5,671	0,74	13,09	4,515	0,63	14,03
19	4,758	0,67	14,12	4,164	0,69	16,51	4,581	0,32	7,01	4,267	0,54	12,74	3,895	0,69	17,81	4,183	0,44	10,57	3,290	0,52	15,75	4,464	0,50	11,24	3,076	0,47	15,37	5,689	0,60	10,60	5,724	0,81	14,13	4,346	0,60	13,82
20	4,464	0,69	15,56	3,381	0,59	17,45	4,659	0,40	8,64	3,890	0,54	13,77	3,027	0,59	19,57	4,015	0,44	11,02	2,955	0,43	14,51	4,127	0,55	13,24	2,528	0,44	17,55	5,248	0,67	12,69	5,759	0,82	14,32	4,166	0,61	14,73
21	4,128	0,64	15,56	2,787	0,57	20,57	4,650	0,69	14,93	3,437	0,52	15,20	2,348	0,45	19,02	3,724	0,61	16,40	2,545	0,43	16,95	3,736	0,65	17,36	2,113	0,36	16,97	4,768	0,62	12,94	5,800	1,03	17,71	4,055	0,64	15,71
22	3,759	0,64	16,97	2,361	0,60	25,33	4,555	1,11	24,36	3,119	0,49	15,83	1,962	0,41	21,13	3,389	0,59	17,43	2,159	0,33	15,07	3,320	0,62	18,67	1,779	0,51	28,63	4,301	0,64	14,82	5,909	0,91	15,36	4,088	0,95	23,17
23	3,417	0,64	18,78	2,029	0,65	32,09	4,745	1,24	26,07	2,928	0,59	20,09	1,610	0,43	26,72	3,418	0,88	25,67	1,901	0,26	13,73	3,001	0,61	20,18	1,335	0,30	22,38	3,726	0,73	19,56	6,054	1,02	16,80	4,107	0,66	16,00
24	3,061	0,62	20,38	1,689	0,61	36,23	4,696	1,16	24,65	2,625	0,68	25,93	1,290	0,40	31,08	3,282	0,44	13,38	1,649	0,48	29,11	2,605	0,57	21,88	1,096	0,31	28,27	3,311	0,82	24,84	6,148	1,32	21,51	4,114	1,00	24,26

Tab. Z4.16. Profile zmienności natężeń ruchu uzyskane dla stacji Traxelektronik, pokrywające się z poszczególnymi profilami dla stacji Golden River

symbol profilu	numer stacji Traxelektronik		
	I - XII	I - VI i IX - XII	VII, VIII
TO1		38, 39	
TO2	12k2, 13k1, 14, 28k1, 29k2, 35k1, 43	17k2	
TO3	1, 6, 8, 12, k1, 13k2, 28k2, 29k1, 31, 35k2, 41	17k1	
TO _{VII-VIII} 1			17k1, 39k1, 6k1
TO _{VII-VIII} 2		5k1	17k2, 38k2, 39k2
TO _{VII-VIII} 3		5k2	38k1
SO2	6, 13, 14, 28, 35, 43		
SO4	41		

Tab. Z4.17. Średni MAPE w zależności od okresu pomiaru – ogół pojazdów

st.	profile zgodnie z pp 4.5.						profile zg. z op. Ruch Drogowy						profile zgodnie z pp 4.5.												profile zg. z opracowaniem Ruch Drogowy													
	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1,3	3,6	1,6	3,1	1,1	1,1	14,7	0,9	6,3	3,2	4,4	5,9	7,0	18,5	7,3	4,6	5,1	6,7	4,5	4,3	3,1	4,8	4,4	3,8	9,2	9,9	7,5	4,8	5,8	7,9	4,1	3,9	4,1	3,5	4,3	6,6	10,8	10,4
2	7,7	0,2	3,7	1,7	2,7	8,8	8,3	8,5	2,4	7,2	5,9	3,9	12,5	19,7	8,5	5,7	6,4	8,4	5,4	7,7	5,9	4,9	4,5	4,7	7,7	7,4	13,0	9,1	7,8	9,4	8,5	10,9	19,6	10,8	8,3	8,6	8,0	8,3
4	1,2	1,0	0,8	4,0	6,9	5,9	3,6	3,2	2,5	1,2	3,6	6,8	6,5	2,9	9,7	6,0	7,4	8,1	4,5	0,1	7,4	6,4	3,0	3,4	8,8	11,5	8,8	5,9	6,7	7,3	3,6	0,3	9,0	8,2	2,9	3,9	8,4	10,7
5	5,8	4,7	4,9	5,6	6,3	4,7	5,2	7,6	5,8	4,4	3,4	4,5	2,3	3,0	12,4	8,3	11,0	8,3	3,4	3,3	7,0	5,9	2,9	5,3	10,3	10,1	8,0	5,6	6,0	6,8	3,0	2,7	6,0	5,4	3,0	4,4	6,5	6,5
6	2,1	5,0	3,1	3,1	9,1	7,1	21,1	1,6	6,0	4,7	3,2	2,6	4,7	18,6	5,1	6,3	5,6	6,5	7,2	10,7	7,2	10,4	7,9	7,2	4,5	6,5	4,8	5,2	4,7	5,5	6,9	9,8	16,3	14,5	7,2	5,9	4,4	7,1
9	4,0	6,4	3,9	2,8	7,2	1,4	8,3	1,5	3,9	2,8	2,6	7,1	1,2	12,8	6,6	8,3	4,4	6,5	5,1	3,9	4,7	6,7	3,9	4,9	9,1	10,1	5,9	8,2	3,7	6,1	4,4	3,7	4,8	6,3	4,0	4,5	8,4	10,0
10	1,0	12,7	12,5	8,1	3,0	2,3	5,0	0,9	13,5	14,2	10,8	2,9	4,3	7,6	17,0	17,7	7,8	6,7	9,3	7,8	9,7	12,9	10,4	6,4	13,7	19,8	14,2	18,5	7,7	7,0	11,0	10,5	11,9	13,5	10,2	7,8	11,8	15,9
11	3,7	2,2	2,7	0,7	1,8	3,9	3,6	3,5	3,1	4,6	3,3	1,9	9,6	15,3	8,3	6,1	6,7	6,9	5,3	3,7	3,4	4,4	2,4	2,7	8,0	10,6	6,1	5,6	3,8	6,0	6,5	5,5	6,2	7,5	5,4	5,9	5,1	7,9
12	3,6	6,7	7,1	4,7	1,0	8,3	8,8	0,9	5,8	7,1	5,2	3,1	17,1	26,5	6,5	4,1	3,3	5,1	5,4	5,2	5,7	5,5	5,1	5,8	5,7	6,6	7,0	6,4	6,0	6,0	8,9	8,9	9,5	10,8	9,1	9,4	7,5	7,2
13	2,8	4,9	5,5	3,2	1,6	6,0	9,8	3,7	1,6	2,6	2,0	1,9	7,3	8,3	10,3	7,2	8,2	8,4	8,1	4,2	5,4	4,8	8,1	4,7	7,1	8,3	10,2	7,5	8,7	9,7	7,4	4,0	5,4	5,6	7,6	4,0	6,8	8,7
14	4,8	1,5	1,0	2,7	0,8	2,5	4,1	5,5	4,0	2,8	2,8	6,4	10,5	6,0	5,5	5,3	4,4	7,2	4,0	3,7	2,6	2,9	2,9	2,5	8,2	10,4	5,6	4,6	4,7	8,4	3,4	3,3	5,1	5,0	2,4	5,4	9,3	11,1
15	1,9	2,8	3,4	5,5	3,1	2,5	11,8	2,9	2,5	3,5	4,7	4,2	6,0	15,6	5,5	5,5	4,5	6,5	4,8	5,5	3,1	4,6	3,8	4,6	10,0	9,8	5,3	5,3	4,7	7,6	3,9	4,8	3,8	6,2	2,8	5,7	9,8	9,3
16	5,3	0,8	1,1	3,7	9,9	4,3	8,0	4,3	3,3	2,5	1,9	9,0	2,7	21,0	12,2	9,2	6,1	7,0	5,2	6,3	7,0	6,1	5,2	4,8	9,1	11,3	18,4	14,0	7,9	7,3	7,1	9,6	22,0	17,0	7,8	6,4	6,3	10,9
17	4,3	1,4	0,8	2,0	1,5	2,1	5,2	5,2	2,9	1,9	3,2	4,5	7,0	9,0	6,1	3,8	3,0	5,1	2,5	3,6	3,5	4,1	4,0	2,5	5,2	8,0	5,7	3,2	2,8	4,9	1,9	3,6	4,7	4,2	4,2	4,8	6,0	8,2
23	0,5	0,3	1,2	3,2	5,0	2,5	4,3	1,0	2,8	2,4	1,8	3,4	3,4	11,4	10,5	6,6	8,5	8,4	3,6	3,7	3,9	5,2	2,7	2,4	9,6	9,8	7,3	6,5	3,9	5,0	4,3	7,4	12,3	7,7	5,2	3,7	6,2	8,1
26	12,1	8,7	6,1	5,5	1,0	5,1	9,0	6,0	7,0	5,8	5,6	8,3	6,0	10,2	10,3	7,9	8,9	10,4	5,1	5,8	3,7	3,7	5,7	6,8	13,7	13,8	10,0	6,1	6,3	8,4	3,6	4,1	3,1	3,7	5,7	7,0	10,7	10,5
27	1,0	1,7	0,5	1,9	3,1	2,0	6,2	0,7	3,8	8,2	8,0	9,4	2,8	1,3	6,3	4,8	4,4	7,5	2,5	2,4	5,8	4,6	4,3	2,3	6,8	8,6	7,9	6,2	7,0	10,5	3,9	4,3	3,6	2,2	4,3	4,9	8,9	11,3
28	2,8	3,6	2,4	0,9	3,0	6,5	4,9	0,9	1,6	1,3	1,1	3,0	5,8	4,0	7,2	3,9	5,4	5,5	3,0	7,8	4,5	5,1	3,4	3,4	8,7	8,3	6,1	3,5	4,3	4,9	2,0	7,2	4,7	5,1	3,0	2,5	8,2	6,5
29	2,1	3,8	2,3	2,7	2,7	4,5	7,0	1,3	1,1	1,7	3,2	2,1	8,1	9,2	12,4	7,9	10,4	9,4	5,3	4,3	6,2	6,3	5,0	3,6	7,8	7,5	6,0	3,8	4,7	5,5	4,2	7,2	6,6	4,6	6,5	3,8	5,8	8,3
31	5,7	10,2	9,4	6,5	11,9	5,8	4,1	2,9	9,4	9,5	7,6	10,8	13,7	20,4	4,5	4,3	4,8	5,8	6,7	8,3	7,4	7,1	6,3	7,7	7,4	7,4	5,2	6,9	7,2	6,4	9,3	11,5	11,6	12,7	10,4	10,6	9,3	6,0
33	1,0	1,9	1,3	2,4	2,4	1,7	8,2	6,4	6,5	4,5	4,0	4,3	2,8	14,8	7,2	5,8	5,0	7,1	5,3	4,9	4,1	3,0	2,7	2,7	11,3	9,2	7,4	6,2	5,9	8,4	3,9	4,1	3,5	4,2	3,3	6,2	9,9	9,9
34	4,6	3,7	2,2	5,0	2,2	1,4	6,4	5,4	6,3	4,7	6,0	6,1	9,0	10,0	5,7	6,4	5,0	8,5	4,6	3,7	2,4	3,0	3,6	3,7	9,5	10,5	5,7	6,3	5,6	9,7	3,3	2,6	4,9	4,5	2,9	6,8	10,1	10,9
37	6,0	2,6	2,4	5,8	7,2	5,2	3,4	9,6	5,4	3,5	5,4	7,1	4,5	7,7	9,1	7,4	6,6	7,1	3,9	6,3	7,8	5,9	3,5	4,7	8,4	8,9	9,7	7,2	5,9	6,6	3,1	5,7	8,6	5,5	3,9	6,2	7,7	10,0
40	1,0	5,5	4,0	4,3	2,2	1,9	3,2	1,3	2,7	0,3	2,3	1,1	2,0	14,4	7,8	5,7	5,0	7,0	3,2	3,4	3,4	5,6	2,7	3,1	9,0	9,7	15,2	10,7	6,6	6,0	3,5	5,5	13,6	12,1	4,5	3,5	6,1	7,5
36	29,2	3,5	2,0	3,1	1,5	41,4	4,4	21,2	21,1	23,3	28,1	33,0	46,3	3,3	9,5	6,6	21,1	33,0	6,3	5,2	10,0	12,7	9,8	11,8	18,7	26,4	12,8	10,2	19,2	28,5	9,0	7,7	10,2	11,9	10,8	25,3	19,9	28,3
38	1,8	3,6	1,9	1,9	2,0	6,6	3,7	1,4	2,6	6,7	6,3	7,8	8,2	4,0	5,8	3,9	5,9	3,4	5,0	4,3	6,9	6,5	4,2	3,1	3,2	9,1	9,1	6,6	8,2	7,0	3,4	3,9	4,2	3,9	4,7	5,3	7,4	11,8
30	3,2	1,1	2,3	3,8	0,9	4,4	1,7	4,1	3,6	2,4	5,7	1,2	2,8	4,2	13,6	8,4	7,8	6,7	5,0	7,8	3,1	3,5	3,9	2,4	6,0	15,5	14,3	9,3	8,9	7,9	5,5	8,0	6,1	4,3	3,6	4,4	6,0	16,0
śr.	4,5	3,9	3,3	3,6	3,7	5,5	6,8	4,2	5,1	5,1	5,3	6,0	7,9	11,1	8,6	6,6	6,8	8,0	5,0	5,1	5,4	5,8	4,7	4,5	8,8	10,6	8,8	7,2	6,5	8,0	5,2	6,0	8,2	7,4	5,5	6,4	8,3	10,3

Tab. Z4.18. Średni MAPE w zależności od okresu pomiaru – pojazdy ciężkie

st. nr	profile zgodnie z pp 4.5.							profile zgodnie z pp 4.5.											
	pn	wt	śr	czw	pt	sb	nd	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	3,1	7,0	2,3	2,6	2,2	2,5	10,1	9,3	4,8	4,5	13,6	6,8	7,2	9,4	10,9	5,3	4,3	10,8	19,5
2	2,0	1,3	7,0	5,4	5,0	14,0	31,3	12,0	6,3	5,8	23,6	6,6	10,3	14,0	14,8	6,4	4,5	10,3	12,0
4	9,1	7,0	4,4	6,6	3,8	19,6	17,5	10,9	10,3	10,1	11,4	13,8	14,1	12,7	13,8	9,6	10,0	12,5	15,2
5	14,6	9,2	9,6	9,7	12,7	3,9	20,2	12,4	12,9	9,4	10,7	10,8	9,4	10,0	12,3	9,4	11,4	11,3	12,8
6	5,7	3,4	4,6	5,4	0,9	16,6	3,1	9,0	10,1	8,3	9,5	7,5	14,3	9,7	6,4	5,0	5,7	9,8	15,1
9	12,9	9,1	9,2	13,2	10,4	3,5	5,7	20,8	39,6	36,3	18,4	13,7	15,2	9,5	8,5	9,4	9,2	18,8	27,3
10	14,7	20,2	22,4	16,8	17,4	6,2	11,4	50,7	46,2	17,1	10,8	24,9	22,6	23,5	22,8	23,3	15,6	38,1	67,8
11	5,3	3,2	1,8	3,0	2,1	6,4	11,5	6,5	6,4	6,3	9,2	8,8	5,3	4,9	4,6	3,7	4,7	11,2	18,8
12	5,4	2,0	0,9	2,5	1,5	4,5	10,9	9,1	5,5	6,8	14,1	9,6	9,7	8,0	8,7	5,2	4,0	6,7	18,2
13	2,3	5,4	6,7	4,4	2,7	14,5	42,8	19,2	18,6	25,5	32,4	21,4	9,0	9,5	12,0	16,5	11,0	16,3	14,1
14	11,7	6,6	3,0	3,8	6,9	1,6	9,4	8,6	5,9	5,6	12,9	6,4	6,9	8,6	8,6	5,7	6,1	8,6	27,3
15	8,9	6,3	8,3	8,9	8,2	28,8	55,4	11,7	13,1	10,4	9,9	8,3	11,0	6,2	11,9	16,8	17,8	25,1	18,2
16	9,6	6,6	4,4	7,2	4,2	3,1	11,5	7,9	9,1	5,6	8,0	6,4	8,6	2,8	4,8	5,8	6,7	11,3	23,0
17	10,5	5,1	4,8	4,9	2,4	2,7	5,2	6,9	4,7	3,8	6,8	5,1	2,9	5,0	4,8	5,0	5,1	11,9	20,6
23	3,3	3,1	2,4	4,3	2,9	3,0	7,4	6,2	6,4	4,9	8,1	7,4	11,7	5,7	3,5	4,0	3,8	8,9	12,9
26	8,2	11,1	11,7	10,0	8,8	14,1	5,4	6,8	8,0	6,0	7,2	5,4	6,3	4,1	9,2	7,2	9,9	16,4	19,3
27	4,3	3,0	3,8	2,5	4,9	2,8	7,1	7,4	3,7	5,5	11,7	4,2	3,6	8,8	7,2	2,8	4,1	10,1	22,8
28	4,8	2,1	1,3	3,4	4,4	2,8	23,1	11,2	6,7	8,4	9,3	7,6	10,7	5,0	4,9	5,6	6,0	9,2	20,2
29	10,4	3,4	3,5	8,3	8,8	9,5	39,3	16,4	19,1	15,3	18,5	16,9	18,3	12,9	12,2	12,5	11,9	13,5	11,8
31	2,0	5,7	5,7	1,6	6,6	2,4	9,9	8,4	10,9	8,3	8,8	8,8	10,7	4,3	5,9	6,0	4,8	8,4	11,2
33	4,4	2,3	2,0	4,1	4,9	5,6	5,2	6,7	9,5	6,9	9,6	4,3	3,5	5,1	5,4	4,0	4,1	10,4	12,4
34	7,5	7,7	6,5	6,8	5,3	5,3	6,0	12,1	6,1	6,0	14,8	5,9	7,9	11,3	9,9	7,5	6,4	11,4	16,8
40	7,6	9,9	7,9	7,3	2,8	7,9	15,1	15,0	12,3	7,7	11,8	5,6	7,1	8,2	8,8	6,7	8,4	13,0	21,8
36	54,9	4,6	2,0	4,0	5,7	48,3	26,5	12,2	8,4	35,0	55,1	10,8	10,0	16,6	23,4	18,8	20,3	27,3	37,5
38	3,0	3,0	1,8	2,6	2,3	5,7	6,9	12,4	8,3	9,6	9,2	11,2	5,9	6,1	6,7	3,0	3,6	2,2	14,5
30	14,8	14,9	7,2	17,1	3,3	4,9	9,4	14,7	10,2	10,0	10,3	6,7	8,0	14,0	12,4	10,0	13,3	13,9	20,4
śr.	9,3	6,3	5,6	6,4	5,4	9,2	15,7	12,5	11,7	10,7	14,1	9,4	9,6	9,1	9,8	8,3	8,2	13,4	20,5

Tab. Z4.19. Wyniki analizy statystycznej dla modelu regresji szacowania SDR – wszystkie punkty pomiarowe i wybrane

zmienna objaśniająca	SDR (2010) $R^2=,95075263$ $R^2_{\epsilon}=,95057336$ $F(30,8241)=5303,3$ $p<0,0000$			SDR (2010 - V - X) $R^2=,96637910$ $R^2_{\epsilon}=,96619127$ $F(23,4117)=5145,1$ $p<0,0000$			SDR (2010 - IX - X) $R^2=,96915096$ $R^2_{\epsilon}=,96877753$ $F(18,1487)=2595,3$ $p<0,0000$			SDR(2010 - wt - czw) $R^2=,96812328$ $R^2_{\epsilon}=,96791133$ $F(25,3760)=4567,8$ $p<0,0000$			SDR (2010 - V-X - wt-czw) $R^2=,98856965$ $R^2_{\epsilon}=,98844895$ $F(20,1894)=8190,3$ $p<0,0000$		
	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p
W. wolny	10415,44	46,0524	0,000000	7668,23	28,3517	0,000000	6545,01	17,7967	0,000000	8248,29	30,2919	0,000000	4368,08	18,0762	0,000000
Ndob	0,70	140,6451	0,000000	0,70	126,6121	0,000000	0,76	85,5195	0,000000	0,77	127,3575	0,000000	0,81	158,9119	0,000000
uc	-13,81	-3,3312	0,000869	27,93	5,7774	0,000000				-25,25	-5,2669	0,000000	23,04	4,4608	0,000009
wt	-143,11	-1,8641	0,062343	9,73	0,1078	0,914189	-375,07	-2,6390	0,008401						
śr	-333,94	-4,3734	0,000012	-211,47	-2,3467	0,018989	-566,49	-4,0868	0,000046	-213,96	-3,5592	0,000377	-256,93	-5,0459	0,000000
czw	-560,35	-7,3265	0,000000	-534,61	-5,9228	0,000000	-948,20	-6,8143	0,000000	-472,65	-7,8138	0,000000	-647,30	-12,6088	0,000000
pt	-1690,10	-21,1932	0,000000	-1648,08	-17,5014	0,000000	-2218,01	-15,3124	0,000000						
sb	770,23	9,0988	0,000000	761,72	7,5628	0,000000	404,60	2,8397	0,004578						
nd	1636,85	17,3296	0,000000	1692,70	14,8549	0,000000	1314,08	9,1686	0,000000						
I	1156,98	11,2994	0,000000							1373,89	11,2317	0,000000			
II	427,40	4,1819	0,000029							680,75	5,5629	0,000000			
III	-481,99	-4,8119	0,000002							-322,92	-2,7221	0,006516			
IV	-1102,02	-10,3477	0,000000							-956,09	-7,7720	0,000000			
V	-1575,65	-14,4759	0,000000	189,75	2,2028	0,027666				-1283,35	-10,1965	0,000000	270,68	3,6326	0,000288
VI	-2161,35	-19,9779	0,000000	-396,23	-4,6535	0,000003				-1890,05	-15,1112	0,000000	-387,99	-5,2596	0,000000
VII	-2909,15	-27,3216	0,000000	-1045,77	-12,4773	0,000000				-2337,69	-18,6681	0,000000	-738,16	-9,8678	0,000000
VIII	-2816,38	-26,2777	0,000000	-968,29	-11,4803	0,000000				-2378,38	-19,1995	0,000000	-807,06	-10,9392	0,000000
IX	-1930,34	-18,8652	0,000000	-174,47	-2,1776	0,029496	-207,37	-2,7630	0,005798	-1635,65	-13,6646	0,000000	-115,48	-1,6399	0,101185
X	-1727,06	-16,7690	0,000000							-1457,80	-11,8707	0,000000			
XI	-783,34	-7,1297	0,000000							-838,53	-6,4306	0,000000			
P	-1273,38	-15,5679	0,000000	-1434,17	-15,1092	0,000000	-954,79	-6,4637	0,000000	-1084,77	-11,2273	0,000000	-1204,23	-14,4476	0,000000
W, M, P	-2948,07	-17,3197	0,000000	-3539,64	-22,8079	0,000000	-2575,84	-12,6723	0,000000	-2197,81	-13,4028	0,000000	-2636,71	-14,8822	0,000000
W	-1870,03	-16,0077	0,000000	-2095,21	-16,8088	0,000000	-1914,16	-11,2959	0,000000	-1829,63	-14,2539	0,000000	-2224,00	-18,6415	0,000000
Maz.	-2146,92	-23,6295	0,000000	-1967,99	-19,9655	0,000000	-1744,37	-11,3710	0,000000	-1729,22	-17,1681	0,000000	-1208,56	-13,2289	0,000000
Ś	-2923,48	-18,5938	0,000000	-2423,36	-13,1088	0,000000	-2444,54	-8,9347	0,000000	-2759,07	-14,9718	0,000000	-1871,59	-11,8383	0,000000
TAK<20km	1384,46	13,5496	0,000000	1730,32	15,3447	0,000000	1130,99	7,6056	0,000000	757,57	6,2346	0,000000	1031,54	9,0953	0,000000
s. podmiej.	174,24	2,0442	0,040970	668,47	6,8216	0,000000	284,75	2,0313	0,042399	-504,04	-4,7861	0,000002	-8,81	-0,0933	0,925704
poza	-646,31	-8,6893	0,000000	-664,99	-8,1004	0,000000	-374,20	-2,9862	0,002871	-703,72	-8,3512	0,000000	-480,44	-6,3874	0,000000
SDR>10000	507,79	5,2477	0,000000										-496,17	-4,8736	0,000001
1x2	-4194,63	-40,7865	0,000000	-3351,09	-27,2985	0,000000	-2476,35	-13,0642	0,000000	-2746,68	-21,8804	0,000000	-1232,30	-11,0348	0,000000
r. dalekb.	1262,80	15,2208	0,000000	611,17	6,4805	0,000000	697,65	5,5770	0,000000	1259,29	13,0427	0,000000	284,24	3,2185	0,001310

M. Splawińska - Charakterystyki zmienności nateżeń ruchu i ich wpływ na eksploatację wybranych obiektów drogowych

zmienna objaśniająca	SDR (2010) $R^2=,96318770$ $R^2_{\epsilon}=,96289803$ $F(24,3050)=3325,1$ $p<0,0000$			SDR (2010 - V - X) $R^2=,97598222$ $R^2_{\epsilon}=,97569723$ $F(18,1517)=3424,7$ $p<0,0000$			SDR (2010 - IX - X) $R^2=,98030710$ $R^2_{\epsilon}=,97981477$ $F(13,520)=1991,2$ $p<0,0000$			SDR(2010 - wt - czw) $R^2=,97721967$ $R^2_{\epsilon}=,97687376$ $F(21,1383)=2825,1$ $p<0,0000$			SDR (2010 - V-X - wt-czw) $R^2=,98704824$ $R^2_{\epsilon}=,98678696$ $F(14,694)=3777,8$ $p<0,0000$			SDR (2010 - IX-X - wt-czw) $R^2=,99353980$ $R^2_{\epsilon}=,99328701$ $F(9,230)=3930,3$ $p<0,0000$		
	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p	β	t(660)	poziom p
W. wolny	2336,80	12,9205	0,0000	739,28	3,8980	0,0001	1737,05	7,0064	0,0000	2086,13	5,6643	0,0000	2514,68	12,8657	0,0000	3042,25	14,9205	0,0000
Ndob	0,86	161,4312	0,0000	0,89	141,7115	0,0000	0,82	94,5978	0,0000	0,85	141,1845	0,0000	0,87	133,2107	0,0000	0,80	112,4569	0,0000
uc										43,57	3,9755	0,0001						
wt	19,77	0,2062	0,8366	321,54	2,9536	0,0032	134,22	0,859165	0,3906									
śr	-217,42	-2,2806	0,0226	105,62	0,9729	0,3308	36,43	0,2404	0,8101	-212,80	-2,874096	0,0041	-213,71	-2,738927	0,0063	-97,32	-1,09452	0,2749
czw	-476,19	-4,9824	0,0000	-188,55	-1,7366	0,0827	-325,62	-2,1366	0,0331	-468,27	-6,2916	0,0000	-504,59	-6,4474	0,0000	-452,49	-5,0575	0,0000
pt	-1623,72	-16,4045	0,0000	-1427,70	-12,6753	0,0000	-1415,23	-8,9957	0,0000									
sb	1300,30	13,1812	0,0000	1266,09	11,2583	0,0000	986,98	6,2986	0,0000									
nd	2228,49	22,4329	0,0000	1831,21	16,2081	0,0000	1555,51	9,9031	0,0000									
I	981,05	7,7128	0,0000							1170,79	7,733499	0,0000						
II	188,90	1,4867	0,1372							381,22	2,5289	0,0116						
III	-1004,72	-8,0795	0,0000							-895,77	-6,1607	0,0000						
IV	-1729,88	-13,0975	0,0000							-1745,53	-11,6053	0,0000						
V	-2057,13	-15,3748	0,0000	173,10	1,670306	0,0951				-1488,90	-9,6948	0,0000	235,58	2,075025	0,0384			
VI	-2464,68	-18,4900	0,0000	-241,77	-2,3446	0,0192				-1924,26	-12,5644	0,0000	-223,29	-1,9802	0,0481			
VII	-2503,37	-19,4797	0,0000	-299,76	-3,0247	0,0025				-1961,87	-12,7819	0,0000	-306,35	-2,7306	0,0065			
VIII	-2635,52	-20,2281	0,0000	-423,92	-4,2146	0,0000				-2060,83	-13,5559	0,0000	-408,39	-3,6899	0,0002			
IX	-2163,59	-16,9633	0,0000	57,10	0,5802	0,5618				-1696,88	-11,4317	0,0000	10,72	0,0979	0,9221			
X	-2269,04	-17,4655	0,0000							-1806,77	-11,8467	0,0000						
XI	-1082,86	-7,8708	0,0000							-1108,59	-6,8817	0,0000						
W, M, P	-954,50	-6,3413	0,0000	-1198,28	-7,091958	0,0000	-1770,68	-7,526001	0,0000	-2439,45	-8,2375	0,0000	-2085,98	-11,38306	0,0000	-2323,06	-11,20366	0,0000
W, M, P	-954,50	-6,3413	0,0000	-1198,28	-7,091958	0,0000	-1770,68	-7,526001	0,0000	-2439,45	-8,2375	0,0000	-2085,98	-11,38306	0,0000	-2323,06	-11,20366	0,0000
W	-587,82	-3,9544	0,0001	-1081,72	-6,4878	0,0000	-1693,77	-7,2216	0,0000	-1419,14	-7,8687	0,0000	-1936,28	-10,6924	0,0000	-2158,35	-10,4733	0,0000
Maz.	528,09	4,5193	0,0000	-402,81	-3,0347	0,0024	-388,23	-2,0618	0,0397	-119,45	-0,8270	0,4084	-961,20	-6,5777	0,0000	-619,67	-3,7126	0,0003
TAK<20km	1585,68	13,4389	0,0000	770,18	5,5696	0,0000	1447,95	7,9338	0,0000	1451,32	8,3495	0,0000	352,64	2,3259	0,0203	1107,40	6,8764	0,0000
s. podmiejs.	1018,41	8,1319	0,0000	69,83	0,4831	0,6291	774,70	3,9076	0,0001	445,65	2,1619	0,0308	-1094,29	-6,7962	0,0000	-135,72	-0,7687	0,4428
poza	-409,06	-4,0879	0,0000	-97,66	-0,8611	0,3893	-431,05	-2,7989	0,0053	-618,72	-4,1861	0,0000	-885,08	-7,1737	0,0000	-1149,94	-8,5240	0,0000

ZAŁĄCZNIK 3

Tablice i rysunki do rozdziału 5

Tab. Z5.1. Wpływ natężenia i udziału pojazdów ciężarowych na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi wielopasowe (2 pasy w jednym kierunku)

Q [P/h] kierunek 1	udział pojazdów ciężarowych p_c [%]								
	teren płaski			teren falisty			teren górzysty		
	5	15	25	5	15	25	5	15	25
800	A	A	971	980	865	B	832	B	855
1000	1065	1016	B	B	B	B	B	1034	C
1200	B	B	B	B	1358	1215	1307	C	1232
1400	B	1596	1526	1539	C	C	C	1489	1585
1600	1673	C	C	C	C	1751	C	D	1735
1800	C	C	C	C	1957	D	1883	1917	F
2000	C	C	2198	C	D	D	D	2097	
2200	C	2300	D	2218	D	2253	D	F	
2400	2411	D	D	D	2518	2465	2423		
2600	D	D	D	D	2756	F	2652		
2800	D	2959	2829	2854	F		F		
3000	3102	E	3096	3123					
3200	3395	3238	F	F					
3400	F	F							

legenda

- PSR A
- PSR B
- PSR C
- PSR D
- PSR E
- PSR F

Tab. Z5.2. Wpływ natężenia i gęstości wjazdów na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – drogi wielopasowe (2 pasy w jednym kierunku)

Q [P/h] kierunek 1	liczba wjazdów na kilometr															
	teren płaski				teren falisty				teren górzysty							
	0	6	12	18	24	0	6	12	18	24	0	6	12	18	24	
800	A	A	973	931	888	901	865	828	B	B	B	B	B	990	947	903
1000	1059	1016	B	B	B	B	B	B	B	1187	1077	1034	C	C	C	
1200	B	B	B	B	1395	B	1358	1301	1244	C	C	C	C	1377	1313	
1400	B	1596	1529	1462	C	1415	C	C	C	C	1543	1489	1435	D	D	
1600	1663	C	C	C	C	C	C	C	C	1726	D	D	D	1796	1734	
1800	C	C	C	C	C	C	1957	1885	1809	D	1976	1917	1856	E	1968	
2000	C	C	C	2126	2028	2027	D	D	D	D	2160	2097	2035	2030	F	
2200	2382	2300	2216	D	D	D	D	D	2359	2278	F	F	F	F		
2400	D	D	D	D	D	2596	2518	2439	E	2585						
2600	D	D	D	2773	2677	E	2756	2674	2667	F						
2800	D	2959	2866	E	E	2837	F	F	F							
3000	3051	E	3142	3134	3038	F										
3200	3334	3238	F	F	F											
3400	F	F														

legenda

- PSR A
- PSR B
- PSR C
- PSR D
- PSR E
- PSR F

Tab. Z5.3. Wpływ natężenia i znajomości drogi przez kierujących pojazdami na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym - drogi wielopasowe (2 pasy w jednym kierunku)

Q [P/h] kierunek 1	współczynnik wpływu populacji kierujących pojazdami f_{zd}												
	teren płaski				teren falisty				teren górzysty				
	1,00	0,95	0,90	0,85	1,00	0,95	0,90	0,85	1,00	0,95	0,90	0,85	
800	A	A	A	960	961	913	865	816	B	B	B	976	
1000	1129	1072	1016	B	B	B	B	B	1149	1091	1034	C	
1200	B	B	B	B	B	B	1358	1283	C	C	C	C	
1400	B	B	1596	1507	1509	1434	C	C	C	1572	1489	1407	
1600	1773	1685	C	C	C	C	C	C	1656	D	D	D	
1800	C	C	C	C	C	C	C	C	1848	D	D	D	1810
1900	C	C	C	C	C	C	1957	D	D	D	1917	1981	
2000	C	C	C	2172	2174	2066	D	D	2130	2023	2097	F	
2200	C	C	2300	D	D	D	D	2378	2331	2214	F		
2400	2555	2427	D	D	D	D	2518	E	F	F			
2600	D	D	D	2795	2798	2658	2756	2602					
2800	D	D	2959	E	E	2909	F	F					
3000	D	3123	E	3058	3062	F							
3200	3288	E	3238	F	F								
3400	3598	3418	F										
3600	F	F											

legenda

- PSR A
- PSR B
- PSR C
- PSR D
- PSR E
- PSR F

Tab. Z5.4 Wpływ natężenia i udziału pojazdów ciężarowych na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – autostrady (2x2)

Q [P/h] kier. 1	udział pojazdów ciężarowych p _c [%]										
	teren płaski			teren falisty			teren górzysty				
	5	15	25	5	15	25	5	15	25		
800	A	A	A	A	A	A	A	A	861	B	
1000	A	A	A	A	1131	1012	1089	B	1119		
1200	1394	1329	1271	1282	B	B	B	1353	C		
1400	B	B	B	B	B	1590	B	C	1568		
1600	B	B	B	B	1777	C	1710	C	D		
1800	B	B	1996	B	C	C	C	1896	1885		
2000	2189	2088	C	2014	C	C	C	D	2062		
2200	C	C	C	C	C	2229	2397	2279	F		
2400	C	C	C	C	2491	D	D	2493			
2600	C	C	2799	C	D	2679	D	F			
2800	C	2928	D	2823	2994	2931	2881				
3000	3069	D	D	D	E	F	3152	legenda			
3200	D	D	3364	3394	3275		F	PSR A			
3400	D	3519	E	E	F			PSR B			
3600	3689	E	3680	3712				PSR C			
3800	E	3849	F	F				PSR D			
4000	4035	F						PSR E			
4200	F							PSR F			

Tab. Z5.5. Wpływ natężenia i gęstoŹci węzłów na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – autostrady (2x2)

Q [P/h] kier.	liczba węzłów na kilometr													
	teren płaski				teren falisty				teren górzysty					
	0,3	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,9		
800	A	A	A	A	A	A	988	961	B	B	B	B		
1000	A	A	A	A	1031	1012	B	B	1139	1119	1092	1062		
1200	1294	1271	1240	1206	B	B	B	B	C	C	C	C		
1400	B	B	B	B	B	1590	1552	1509	1584	1568	1545	1518		
1600	B	B	B	B	1618	C	C	C	D	D	D	D		
1800	B	1996	1948	1895	C	C	C	C	1896	1885	1871	1854		
2000	2032	C	C	C	C	C	2196	2158	2071	2062	2050	2036		
2200	C	C	C	C	2251	2229	D	D	F	F	F	F		
2400	C	C	C	C	D	D	D	D						
2600	C	2799	2757	2709	2694	2679	2658	2635					legenda	
2800	2826	D	D	D	2943	2931	2913	2894					PSR A	
3000	D	D	D	D	F	F	F	F					PSR B	
3200	3382	3364	3338	3308									PSR C	
3400	E	E	E	E									PSR D	
3600	3695	3680	3658	3633									PSR E	
3800	F	F	F	F									PSR F	

Tab. Z5.6. Wpływ natężenia i znajomości drogi przez kierujących pojazdami na warunki ruchu (PSR) na drodze w terenie płaskim, falistym i górzystym – autostrady (2 pasy w jednym kierunku)

Q [P/h] kier. 1	współczynnik wpływu populacji kierujących pojazdami f_{ps}											
	teren płaski				teren falisty				teren górzysty			
	1,00	0,95	0,90	0,85	1,00	0,95	0,90	0,85	1,00	0,95	0,90	0,85
800	A	A	A	A	A	A	959	906	B	B	B	B
1000	A	A	A	1137	1065	1012	B	B	1178	1119	1060	1001
1200	1338	1271	1204	B	B	B	B	B	C	C	C	C
1400	B	B	B	B	B	1590	1506	1422	C	1568	1486	1403
1600	B	B	B	1786	1674	C	C	C	1651	D	1786	1687
1800	B	1996	1891	C	C	C	C	1994	1984	1885	1954	1845
2000	2101	C	C	C	C	C	C	2112	D	2171	2062	F
2200	C	C	C	C	2346	2229	D	2397	F	F	F	F
2400	C	C	C	2504	D	D	2538	E				
2600	C	2799	2651	D	D	2679	2776	2622				
2800	2946	D	D	D	2820	2931	F	F				
3000	D	D	3187	3010	3085	F		3085				
3200	D	3364	E	3292	F			F				
3400	3541	E	3486	F								
3600	E	3680	F									
3800	3873	F										
4000	F											

legenda

PSR A

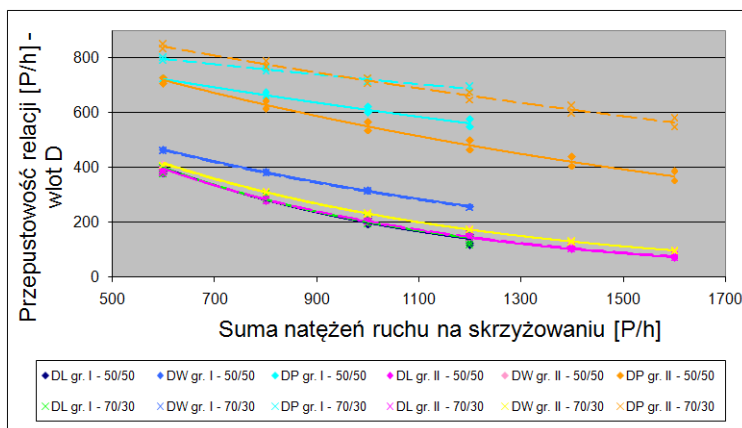
PSR B

PSR C

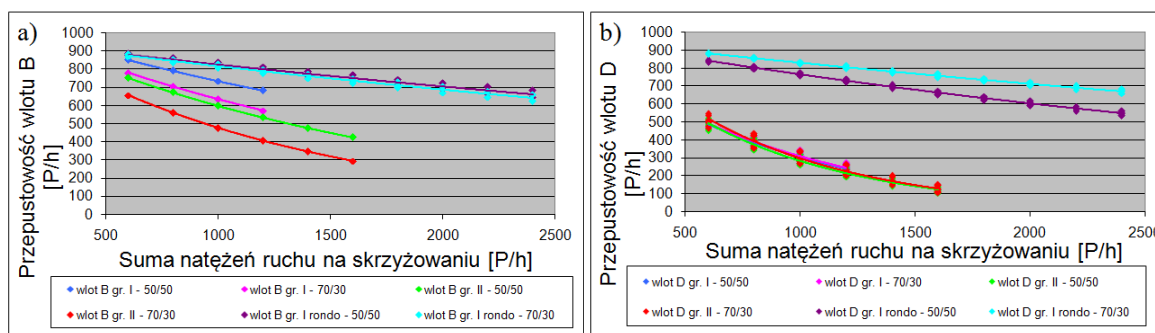
PSR D

PSR E

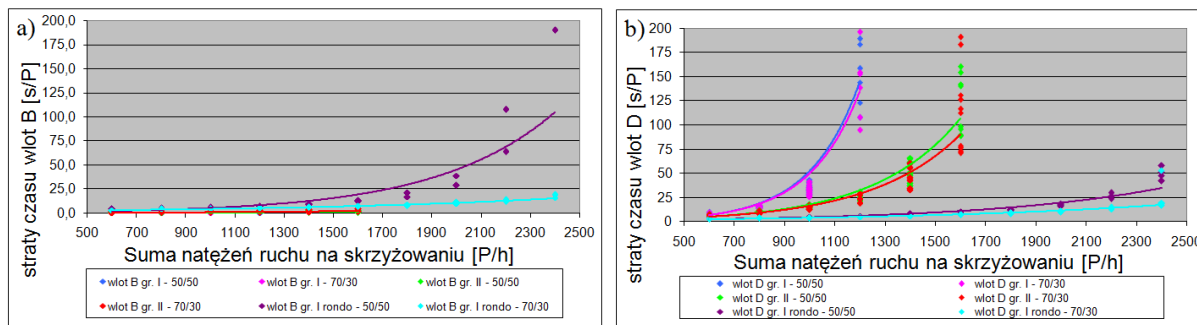
PSR F



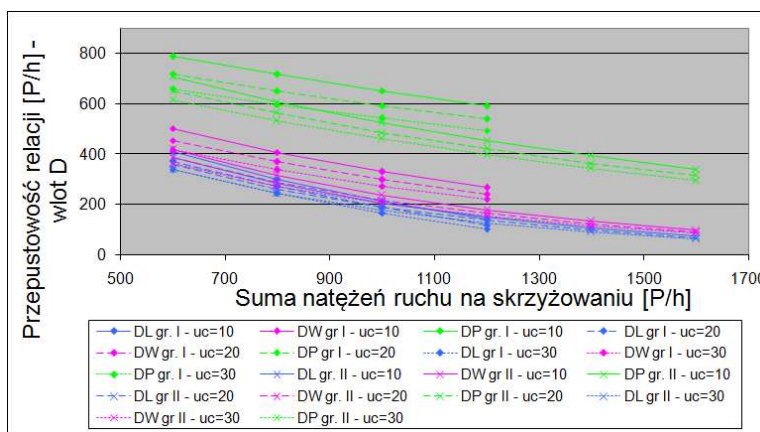
Rys. Z5.1. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na przepustowość relacji wlotu podporządkowanego - wlot D



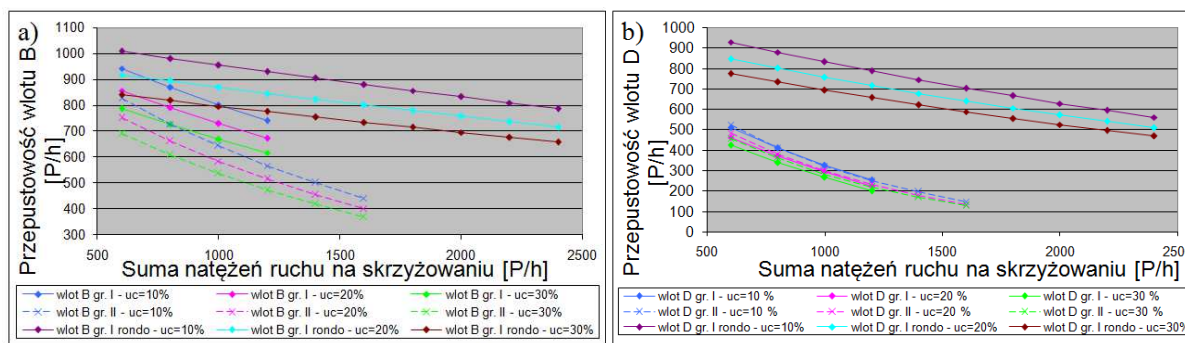
Rys. Z5.2. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na przepustowość wlotu odpowiednio: a) wlot B, b) wlot D



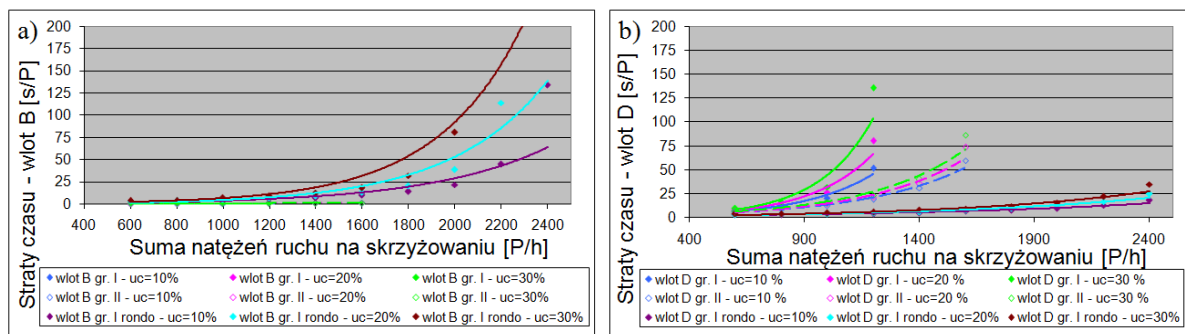
Rys. Z5.3. Wpływ natężenia ruchu i struktury kierunkowej na straty czasu (ograniczono zakres do 200 s) odpowiednio na: a) wlocie B, b) wlocie D



Rys. Z5.4. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na przepustowość relacji wlotu podporządkowanego - wlot D



Rys. Z5.5. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na przepustowość wlotu odpowiednio: a) wlot B, b) wlot D



Rys. Z5.6. Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej na straty czasu odpowiednio na (ograniczono zakres do 200 s): a) wlot B, b) wlot D

ZAŁĄCZNIK 4

Tablice do rozdziału 6

Tab. Z6.1. Statystyki opisowe dla funkcji potęgowej i odchylenia standardowego procentowych różnic (cały szereg oraz pomniejszony o odpowiednią liczbę godzin)

st. nr	α_1	α_0	R^2	st. nr	α_1	α_0	R^2	st. nr	σ bez godzin		st. nr	σ bez godzin	
	$-0,05 < \alpha_1 < -0,02$				$-0,10 < \alpha_1 < -0,05$				0	0		0	10
1	9,1422	-0,0365	0,96	6	17,4170	-0,0674	0,94	11	0,3	0,3	21	0,6	0,4
4	10,3290	-0,0411	0,99	9	11,5110	-0,0657	0,99	15	0,3	0,3	27	4,4	0,5
5	10,4330	-0,0470	0,86	12	10,9100	-0,0734	0,97	30	0,4	0,4	28	0,6	0,4
11	8,3125	-0,0281	0,97	16	13,1770	-0,0550	0,92		0	5	34	1,7	0,4
14	10,1220	-0,0421	0,99	19	13,3210	-0,0857	0,97	1	2,5	0,4	40	1,5	0,5
15	9,0049	-0,0269	0,98	20	12,2560	-0,0573	0,95	4	1,5	0,3		0	15
17	9,3825	-0,0396	0,98	21	8,7892	-0,0515	0,95	5	3,6	0,3	9	1,3	0,4
28	9,8314	-0,0352	0,98	22	14,8300	-0,0568	0,86	6	1,3	0,3	41	1,0	0,4
29	9,4203	-0,0234	0,98	40	10,7390	-0,0536	0,99	14	1,0	0,4	38	2,9	0,5
31	9,5859	-0,0395	0,93	41	9,3580	-0,0608	0,99	16	0,8	0,5		0	20
33	9,8065	-0,0267	0,98	27	14,1470	-0,0639	0,98	17	2,3	0,4	37	1,7	0,3
34	9,9432	-0,0470	0,99	37	12,9090	-0,0908	0,95	20	3,6	0,5		0	30
18	11,4410	-0,0233	0,98	38	9,8666	-0,0560	0,99	22	0,7	0,3	2	2,9	0,5
23	14,3410	-0,0474	0,91		$-0,10 > \alpha_1$			29	0,7	0,2	10	3,1	0,5
30	11,9230	-0,0405	0,91	2	19,2830	-0,1678	0,98	31	0,8	0,3	12	1,6	0,4
				10	18,0810	-0,1717	0,96	33	0,5	0,3	19	1,7	0,3
								18	1,1	0,2			
								23	0,7	0,3			

Tab. Z6.2. Elementy poszczególnych skupień wraz z odległościami od środka właściwego skupienia – ogół pojazdów

przekrój drogi						kierunek dominujący											
skupienie 1			skupienie 2			skupienie 3			skupienie 1			skupienie 2			skupienie 3		
1	0,011	31	0,007	2	0,012	37	0,026	16	0,038	2	0,128	1	0,011	31	0,020		
5	0,020	40	0,020	2	0,021	41	0,035	40	0,030	2	0,054	5	0,019	5	0,025		
9	0,020	5	0,006	10	0,031	37	0,021	16	0,041	10	0,089	9	0,010	17	0,016		
16	0,016	17	0,008	2	0,025	40	0,013	40	0,029	2	0,027	22	0,036	21	0,026		
22	0,022	21	0,011			9	0,019	10	0,027	16	0,076	28	0,029	28	0,018		
28	0,013	28	0,007			10	0,012	16	0,032			29	0,019	31	0,020		
29	0,022	31	0,012			16	0,024	19	0,028			33	0,022	6	0,040		
33	0,019	6	0,027			19	0,013	22	0,043			34	0,022	20	0,075		
34	0,011	20	0,021			40	0,016	40	0,075			37	0,033	30	0,028		
40	0,011	30	0,018			10	0,030	10	0,044			41	0,013	31	0,008		
1	0,010	31	0,012			12	0,024	40	0,025			1	0,02	10	0,030		
11	0,018	10	0,017			19	0,020	12	0,030			11	0,024	11	0,017		
14	0,006	11	0,008			16	0,020	19	0,023			14	0,016	17	0,040		
15	0,019	17	0,004			22	0,040	16	0,035			15	0,012	18	0,043		
16	0,015	18	0,021			12	0,027	22	0,019			20	0,021	30	0,030		
20	0,020	30	0,016			10	0,022	12	0,022			31	0,022	4	0,017		
31	0,009	4	0,006			16	0,033	10	0,030			37	0,027	11	0,040		
20	0,007	10	0,018			10	0,024	10	0,031			9	0,019	12	0,031		
22	0,035	12	0,016									20	0,006	30	0,014		
23	0,015	30	0,007									23	0,024	31	0,011		
27	0,014	31	0,011									27	0,018	11	0,034		
31	0,007	11	0,014									31	0,031	12	0,023		
38	0,008	12	0,016									38	0,013	11	0,032		
1	0,010	11	0,023									1	0,018	30	0,019		
20	0,005	30	0,006									20	0,014				